



مجله علمی، تخصصی

افزون روان

شماره دوازدهم | سال نهم | تابستان ۱۴۰۰

حرکت به سوی سیالات
هیدرولیک فاقد روی

دانایی کلید توانایی

پس از واکسیناسیون

اقدامات پیشگیرانه COVID-19 را ادامه دهید



سطوح در دسترس را تمیز و ضدعفونی کنید



دست هایتان را مرتب با آب و صابون بشوئید



از اجتماعات و فضاهای شلوغ اجتناب کنید



حداقل فاصله اجتماعی ۲ متری را رعایت کنید



بینی و صورت خود را با ماسک بپوشانید

پس از واکسینه شدن

آماده عوارض جانبی باشید:

واکسن‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند

تا بدون خطر ابتلا به بیماری، برای شما مصونیت ایجاد کنند. درعین حال که ایجاد مصونیت بدون عوارض جانبی طبیعی است، ولی داشتن علائم خفیف تا ملایم که خودبه‌خود در عرض چند روز برطرف می‌شوند، نیز امری عادی است.

برخی علائم خفیف تا ملایم که شما ممکن است بعد از واکسینه شدن تجربه کنید عبارتند از:

- سردرد
- دردهای عضلانی یا مفصلی
- تب خفیف
- خستگی
- لرز
- بیرون روی و اسهال
- درد بازو در محل تزریق واکسن

اگر علائم بیشتر از چند روز ادامه پیدا کرد یا واکنش شدیدتری تجربه کردید، با پزشک خود تماس بگیرید.

سخن نخست



کانال‌های بازرگانی و مصروف داشتن تمام پتانسیل‌های بالقوه زنجیره تامین خود در جهت تامین به موقع کالای با کیفیت و قیمت گذاری مناسب این مواد اولیه مهم و ضروری است تا بدینوسیله در حفظ و تحکیم حلقه‌های زنجیره ارزش در راستای تامین محصولات روانکار و بویژه روغن موتور نقش خود را ایفا نموده باشد.

مانند همیشه، باعث افتخار اینجانب و همکارانم در مجموعه گروه صنعتی و بازرگانی افزون است تا همگام و همراه با فعالین حوزه صنعت روانکاری، همواره چرخ عظیم صنعت کشور عزیزمان ایران را در شرایط سخت فعلی در گردش نگاه داریم.

آرزو داریم با تلاش و کوشش کلیه فعالین حوزه بهداشت و درمان و همکاری تمامی آحاد جامعه، در آینده‌ای نزدیک شاهد روزهای مهار بیماری کرونا و خبرهای خوش و امیدوار کننده باشیم.

سید مجید طباطبائی رفیعی
مدیر عامل شرکت افزون روان

بنام خدا

تابستان ۱۴۰۰ را در حالی به پایان رساندیم که بیش از ۱۸ ماه از شیوع و همه گیری بیماری کووید ۱۹ گذشته است و علیرغم تمام تلاش‌های صورت گرفته از جانب سازمان بهداشت جهانی و سایر متولیان امور بهداشت و درمان در کشور عزیزمان در جهت مهار رشد و گسترش این بیماری، متأسفانه هر روز اخبار نگران کننده‌ای از موج‌های سهمگین سسویه‌های مختلف و جهش یافته ویروس کرونا به گوش می‌رسد.

رکود ناشی از همه گیری کرونا تا اواسط سال ۲۰۲۱ میلادی گریبانگیر اغلب پالایشگاه‌ها بوده است. تولید فرآورده‌های سوختی تقطیری بشدت تحت تاثیر قرنطینه‌های عمومی کاهش یافت که نتیجه آن کاهش خوراک برجهای تقطیر در خلاء و کمبود شدید لوب کات بود. از جمله تعطیلی‌های اثر گذار و مهم بازار روغن پایه در بازه زمانی شش ماه گذشته می‌توان به توقف تولید یک تا سه ماهه پالایشگاه‌های SK کره، Eneos ژاپن، Sinopec چین و در نهایت Lukoil روسیه در آسیا و پالایشگاه‌های آمریکایی و اروپایی نظیر Ergon آمریکا، Total فرانسه و Neste فنلاند اشاره کرد. حجم قابل توجه عدم عرضه روغن پایه در سطح پنج قاره و در کنار آن کمبود عرضه و همچنین افزایش نرخ سوخت سنگین که به نوعی پایه قیمت گذاری لوب کات محسوب می‌شود باعث پیچیده تر شدن شرایط بازار و ایجاد تورم قیمتی دو چندان برای روغن پایه گردید. این مارپیچ تورمی حاصل از عدم عرضه انواع سوخت سنگین و افزایش نرخ حامل‌های انرژی نه تنها بر افزایش نرخ لوبکات اثر گذاشته، بلکه هزینه‌های حمل کالای فله و کانتینری را به میزان چشمگیری افزایش داده است و همه این موضوعات تاثیرات قیمتی شگرفی در نرخ تمام شده کالای روغن پایه در کشور گذاشته است.

در مقایسه وضعیت موجودی انواع روغن‌های پایه، کمبود روغن پایه گروه ۳ چشمگیرتر بوده است. برخی از متخصصین معتقدند این کمبود به واسطه افزایش غیرمنتظره میزان تقاضا برای این ماده اولیه بوده است. عده‌ای نیز این امر را ناشی از پیش بینی اشتباه برنامه ریزان بواسطه واکنش از افت تقاضا می‌دانند که منجر به تغییر برنامه تولید پالایشگاه‌های گروه ۳ در راستای کاهشی شده و این کمبود را تشدید نموده است.

البته شایان ذکر است نوسانات صعودی قیمت در طی دو ماه گذشته ثابت و یا با شیب ملایم در حال کاهش می‌باشد و امیدواریم با برطرف شدن آثار پاندمی کرونا و اثربخشی واکسیناسیون گسترده، آرامش به بازار روغن پایه نیز باز گردد. بدیهی است در وضعیت کنونی، رویکرد اصلی شرکت افزون روان، تقویت

بسم الله الرحمن الرحيم

شرکت
افزون روان

مجله علمی، تخصصی افزون روان

دو فصلنامه سراسری

شماره دوازدهم، سال نهم، تابستان ۱۴۰۰

شماره ثبت: ۸۵۲۱۵

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:

سید مجید طباطبایی رفیعی

سر دبیر و ویراستار:

دکتر مسعود تیموری

نظارت و هماهنگی:

مرتضی رضایی

نویسندگان:

مریم ابراهیمی، سمیرا جوادیان فرد

درسا وحیدی، فرشته علیان نژاد

پریسا احمدی، امیرحسین ثقفی

طراح گرافیک و صفحه آرا

علیرضا بهرامی

لیتوگرافی و چاپ:

چاپ رامتین

نشانی:

ایران، تهران، خیابان پاسداران، چهارراه فرمانیه، خیابان

شهید جهانبخش نژاد، پلاک ۱۰

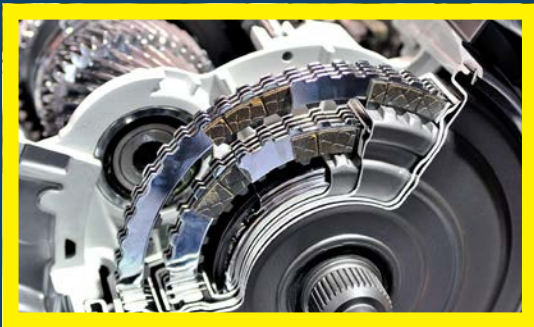
تلفن: ۰۲۱-۲۳۵۵۹۹۹۹

فکس: ۰۲۱-۲۲۸۰۴۴۵۸



۸

روانکارهای صنعتی و حرکت
به سمت سیالات هیدرولیک فاقد روی



۱۳

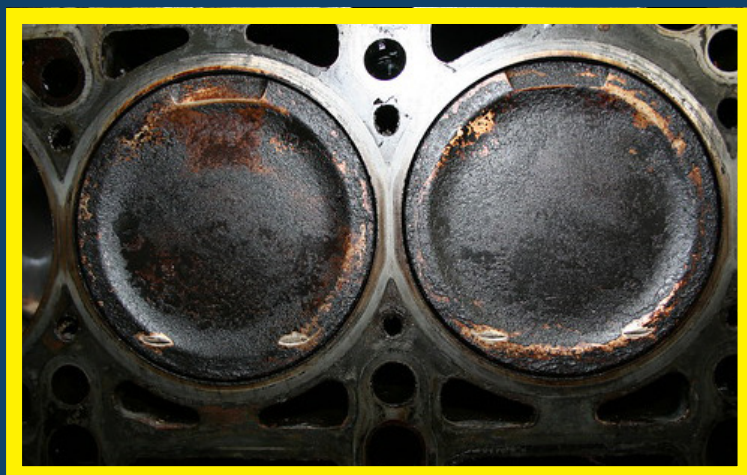
بهبود طراحی‌های
انتقال دهنده‌های اتوماتیک



۱۸

آزمون TBN یا
تست‌های جایگزین؟

۳۳ گرافیت مهمترین روانکار جامد



۳۸ تعیین مشخصات رسوبات آزمون TEOST و مقایسه آنها با رسوبات آزمون Sequence IIIG

۳۵ بررسی جامع کوپلیمرهای HSD



معرفی دو درجه گرانیروی جدید در طبقه بندی J300 آوریل ۲۰۲۱

باید در نظر داشت علت اصلی ظهور روغن موتورهای سبک، کاهش میزان اصطکاک بین قطعات موتور و به تبع آن حمایت از تلاش مداوم سازندگان قطعات خودرو در کاهش مصرف سوخت است. نکته دیگر که لازم است توسط مصرف کنندگان روغن موتور در نظر گرفته شود این است که درجات گرانیروی جدید، تنها در روانکاری موتورهای طراحی شده مربوط به همین درجات به کار میروند و برای خودروهایی قدیمی کاربرد ندارند. جدول ویسکوزیته آخرین نسخه استاندارد SAE J300 در زیر آورده شده است. همانطور که مشخص است الزامات استاندارد SAE J300 تنها به خواص رئولوژیک روغن موتور مرتبط است و سایر خواص روغن در این استاندارد در نظر گرفته نمی شوند.

انجمن مهندسان خودرو آمریکا (SAE)، پس از آخرین بازنگری طبقه بندی درجات گرانیروی استاندارد J300 در سال ۲۰۱۳، در آوریل سال ۲۰۲۱ دو درجه گرانیروی SAE 8 و SAE 12 را به جدول طبقه بندی گرانیروی روغن موتور اضافه نمود. هدف از این به روز رسانی، پاسخ به درخواست سازندگان قطعات اصلی خودروهای سواری (OEM) در ارائه الزامات HTHS کمتر برای روغن موتورهای سبک تر از SAE 16 است که بر این اساس، HTHS این دو درجه گرانیروی به ترتیب حداقل ۱/۷ و ۲ سانتی پواز در نظر گرفته شد. همچنین گرانیروی سینماتیک ۱۰۰ درجه سانتیگراد آنها نیز به ترتیب ۴ تا ۶/۱ و ۵ تا ۷/۱ تعریف شد. همپوشانی که بین این دو محدوده گرانیروی وجود دارد شرایط مناسبی را برای فرمولاسیون این دو درجه گرانیروی فراهم می سازد.

جدول به روز شده طبقه بندی ویسکوزیته روغن موتور بر اساس الزام SAE J300

SAE Viscosity Grade	Low T Cranking Viscosity (mPa·s) ASTM D5293	Low T Pumping Viscosity (mPa·s) ASTM D4684	Kinematic Viscosity at 100 °C (mm ² /s) ASTM D445 or D7042	High Shear Viscosity at 150 °C (mPa·s) ASTM D4683, D4741 or D5481
2009				
0 W	<6200 at -35 °C	<60,000 at -40 °C	>3.8	
5 W	<6600 at -30 °C	<60,000 at -35 °C	>3.8	
20			6.9-9.3	>2.6
30			9.2-12.5	>2.9
2015				
0 W	<6200 at -35 °C	<60,000 at -40 °C	>3.8	
5 W	<6600 at -30 °C	<60,000 at -35 °C	>3.8	
8			4.0-6.1	>1.7
12			5.0-7.1	>2.0
16			6.1-8.2	>2.3
20			6.9-9.3	>2.6
30			9.2-12.5	>2.9



گزارشی از وبینار BASF با عنوان ”ما بایکدیگر بر شکل گیری آینده حمل و نقل تمرکز می کنیم“

حداکثر 20% از مواد تولید شده‌ی شرکت BASF باز یافت

می‌شوند که بر طبق هدف گذاری این شرکت در

راستای پیاده سازی توافق پاریس این میزان

باید در صنایع بسته‌بندی تا سال 2050 به

100% و در صنایع حمل و نقل و ساخت و

ساز به 50% افزایش یابد. در راستای نیل به

این اهداف، پروژه‌ها و تکنولوژی‌هایی راه‌اندازی

شده و محصولات بدست آمده حاصل از این

اقدامات (GLYSANTIN@FCG20, Glasurit) و

(I-Pace) تشریح شد. مهمترین مسئله‌ای که

در این وبینار به آن پرداخته شد استفاده گسترده

از وسایل نقلیه الکتریکی در صنعت حمل و نقل تا

سال 2050 و لزوم توسعه تکنولوژی سیستم خنک کاری و

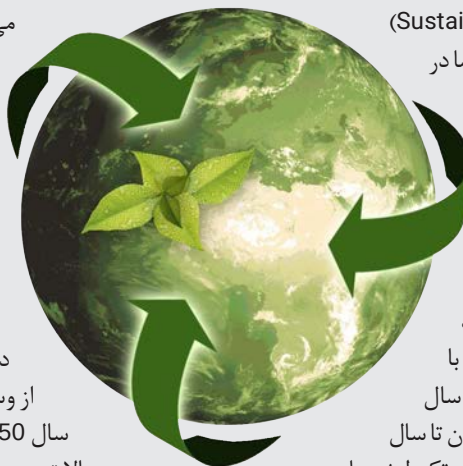
سیالات مورد استفاده (به عنوان مثال: روانکارها و خنک کننده‌ها)

در این دسته از خودروها بود. از جمله چالش‌هایی که در استفاده از

خودروهای الکتریکی وجود دارد می‌توان به محدود بودن شعاع حرکتی (برد

مسافت)، کاهش هزینه باتری، ایستگاه‌های شارژ و سرمایه گذاری در تولید

باتری اشاره کرد.



جدیدترین وبینار BASF در تاریخ 30 ژوئیه 2021 برگزار شد.

در این وبینار به موضوع توسعه پایدار (Sustainability)

که مهمترین و جدیدترین بحث روز خصوصا در

کشورهای توسعه یافته است پرداخته شد

و خصوصیات جدیدترین فناوری‌های

سیالات، روانکارها و سوخت‌های خودرو

برای سیستم‌های پیشران جدید و بویژه

خودروهای الکتریکی مورد بحث قرار گرفت.

سخنرانانی به نمایندگی از شرکت‌های BASF

DENSO و INERATEC GmbH، در مورد

چگونگی پیاده‌سازی معاهده پاریس توسط آنها با

هدف کاهش 25% انتشار گاز گلخانه‌ای CO₂ تا سال

2035 در مقایسه با 2018 و به صفر رساندن آن تا سال

2050 با استفاده از منابع هیدروکربنی تجدیدپذیر و تکنولوژی‌های

روز دنیا به بحث و گفتگو پرداختند. علاوه بر این در این وبینار به مسئله

تولید محصولات با کیفیت با استفاده از مواد باز یافت شده در صنایع مختلف

اعم از بسته‌بندی، حمل و نقل، ساخت و ساز و ... پرداخته شد. در حال حاضر



وبینار شرکت Lubrizol با عنوان «آینده سوخت»

خودروهای احتراق داخلی با خودروهای هیبریدی و الکتریکی است. بنابراین ضرورت هدف گذاری به سمت توسعه سوخت های تجدیدپذیر دو چندان می شود.

نگرانی دیگر، تاثیرات خودروهای ICE روی کیفیت هوا است که با ظهور استاندارد سختگیرانه Euro 7 (پس از Euro 5 و China 6) و وضع الزامات سختگیرانه آلاینده ها و همچنین نگاه جامع تر به دیگر قسمت های تاثیر گذار در مسئله آلودگی هوا جدای از گازهای خروجی از اگزوز (برای مثال تایرها و ترمز)، تا حدی مرتفع می شود.

باید در نظر داشت که فاکتورهای متعددی در اینکه کدام سناریو سوخت در آینده مورد پذیرش قرار گیرد وجود دارد. در هر حال اتخاذ هر یک از آنها، تاثیرات زیادی در موضوع طراحی خودروها و به تبع آن روانکارهای مورد نیاز خواهد داشت.

جدیدترین وبینار شرکت Lubrizol با عنوان «آینده سوخت» در هفدهم ماه ژوئن سال ۲۰۲۱ برگزار شد. آنچه بیش از گذشته در این گونه رویدادهای دنیای مدرن مشهود است پرداختن به پیشرفت های تکنولوژی روز در راستای توسعه پایدار یا «Sustainability» است که تاثیرات آن نه فقط به صورت کیفی، بلکه به صورت کمی اندازه گیری می شود. مطالبی که در این وبینار بررسی و ارائه شد بدین شرح خلاصه می شود:

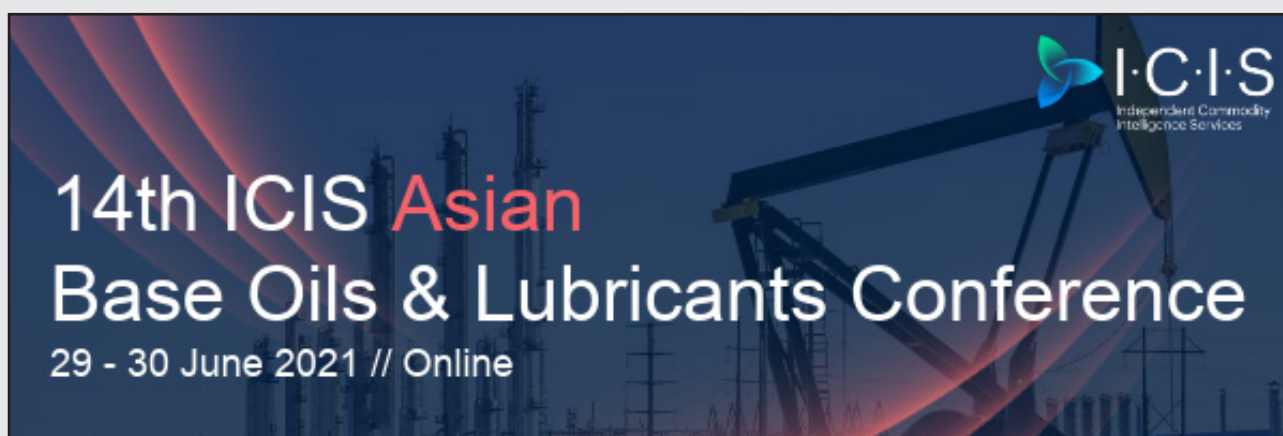
«اتحادیه اروپا، رسیدن به هوای پاک و عاری از کربن (climate-neutral) تا سال ۲۰۵۰ را به عنوان ضروری ترین مأموریت دنیا معرفی کرده و آن را جزو اصلی ترین تعهدات توافق نامه پاریس در نظر گرفته است. در این تعهد، مقرر گردیده تا اواسط قرن ۲۱، میزان کربن ناشی از گازهای گلخانه ای و سوخت های فسیلی به صفر کاهش یابد. بر این اساس مهمترین چالش پیش رو، توقف مصرف سوخت های فسیلی است که مهمترین جایگزین آن سوخت های تجدیدپذیر شامل سوخت های بیولوژیکی یا همان Biofuel یا Biomass و سوخت های هیدروکربنی سننتزی یا همان Powerfuel هاست، هر چند راهکار دیگر در حوزه حمل و نقل، استفاده از باتری های الکتریکی به جای سوخت است. نکته قابل توجه این است که ظهور خودروهای الکتریکی تاثیر کمتری در مقوله کاهش گازهای گلخانه ای نسبت به سوخت های تجدیدپذیر دارد که علت اصلی آن زمان بر بودن ایجاد زیر ساخت ها و همینطور جایگزینی



Lubrizol

The future of fuel

تازه‌های چهاردهمین کنفرانس آسیایی ICIS ژوئن ۲۰۲۱



تفاوت‌های سخت‌افزاری و روانکاری شفت‌های الکتریکی در مقایسه با شفت‌های معمولی پرداخت. در این ارائه همچنین به محدودیت آزمون خوردگی مس (ASTM D130) در برآورد میزان خوردگی این شفت‌ها و معرفی آزمون جدید خوردگی سیم (Wire corrosion) اشاره شد. مدیر بخش افزودنی‌های صنعتی شرکت Lubrizol نیز به بیان دغدغه‌های فعالین بازار روانکارهای هیدرولیکی در سه حوزه‌ی برآورده کردن نیاز مشتری، غلبه بر رقبا در بازار و کسب سود بیشتر پرداخت و در انتها گزارش تفصیلی از تحولات مربوط به OEM های خودروهای الکتریکی در جهان و چین توسط نماینده‌ی شرکت مشاوره McKinsey & Company ارائه شد. رشد منفی ۱۶ درصدی بازار خودروهای الکتریکی در چهار ماه ابتدایی سال ۲۰۲۱ و برنامه‌های متفاوت اقتصادی دولت‌های جهان برای سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی خودروهای الکتریکی از نکات جالب توجه این گزارش بود.

چهاردهمین کنفرانس آسیایی ICIS هشتم تا نهم تیرماه امسال به صورت مجازی و رایگان برگزار شد که خبر برگزاری آن نیز در وب سایت شرکت افزون روان اعلام شد. در این کنفرانس سخنرانانی از تیم ICIS - Global refinery، شرکت‌های Lubrizol و McKinsey & Company به ارائه مطالبی پیرامون وضعیت بازار روغن پایه‌ها، روغن‌های هیدرولیک، روانکارها و خودروهای الکتریکی پرداختند. در این همایش، مشاور ارشد تیم Global refinery شرکت ICIS، اطلاعاتی در زمینه‌ی تغییرات قیمت روغن پایه‌ها در آسیا بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۱، وضعیت تامین و تقاضا برای روغن پایه‌ها در قاره آسیا و جهان، تاثیر کاهش تولید روغن پایه‌ها در آینده‌ی بلندمدت این بازار و پیش‌بینی وضعیت بازار در دوران پساکرونا ارائه داد. در بخش دیگری از کنفرانس، مدیر بخش توسعه‌ی Driveline شرکت Lubrizol به



روانکارهای صنعتی و حرکت به سمت سیالات هیدرولیک فاقد روی^۱

مقدمه

روغن‌های هیدرولیک برای تامین نیازهای مختلفی از جمله انتقال انرژی، جلوگیری و کاهش سایش سطح فلز، جلوگیری از اکسیداسیون، معلق نگه داشتن لجن، جلوگیری از تجمع اسیدهای خورنده، کاهش کف و جدایی مناسب آب از روغن در طیف گسترده‌ای از شرایط عملکردی مورد استفاده قرار می‌گیرند. طراحان فرمولاسیون و تولیدکنندگان برای تامین نیازهای نام برده، با استفاده از روغن پایه و افزودنی‌های مختلف انواع مختلفی از سیالات هیدرولیک را طراحی و تولید می‌کنند. سیالات هیدرولیک دومین بازار بزرگ را بعد از روغن‌های فرایند^۲ تشکیل می‌دهند و پیش‌بینی می‌شود رشد میزان مصرف این سیالات ادامه داشته باشد. بخشی از این رشد مربوط به توسعه در ماشین‌آلات هیدرولیک ساختمانی و راهسازی است و بخش دیگر آن ناشی از افزایش تنوع محصولاتی است که می‌تواند از سیستم‌های کنترل توربین بادی تا صنایع نساجی را شامل شود.

در طول سه دهه گذشته و به خصوص در چند سال اخیر، مشخصات فنی سیالات هیدرولیک به تدریج تکامل یافته‌اند. تکامل تدریجی و افزایش سطح کارایی این سیالات، ناشی از محدودیت‌هایی است که نیازهای جدید سیستم‌های هیدرولیک، مقررات زیست محیطی، کاهش حجم سیال هیدرولیک و مسائلی از این دست به وجود آورده‌اند. با ساخت هر نسل جدیدی از تجهیزات، سطوح کارایی بالاتری برای روغن هیدرولیک در نظر گرفته می‌شود. از مهمترین این عوامل می‌توان موارد زیر را برشمرد:

- افزایش توان سیستم هیدرولیک علیرغم کاهش ابعاد و اندازه‌های قطعات
- حرکت به سمت بهره‌وری بالاتر
- شرایط سخت‌تر عملیاتی از لحاظ دما و فشار بالاتر



سمیرا جوادیان فرد

مسئول توسعه بازار

حضور کف در روغن هیدرولیک منجر به ایجاد هوای پایدار در سیستم می‌شود. زمانی که این حباب‌های هوا در حال عبور از پمپ هستند افزایش فشار ناگهانی باعث کاهش حجم این حباب‌ها می‌شود که به دنبال آن افزایش دما در حباب ایجاد می‌گردد. با توجه به اینکه این حباب‌ها در ارتباط مستقیم با سیال هیدرولیک هستند در نتیجه دمای روغن نیز افزایش می‌یابد



● حجم مخازن سیال هیدرولیک کوچکتر

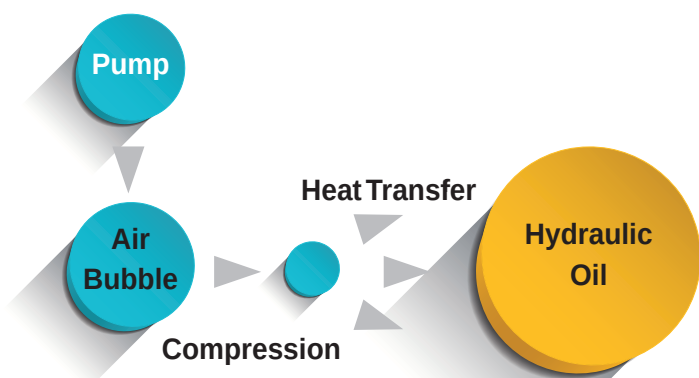
موارد ذکر شده باعث می‌شوند تا سیال هیدرولیک فرصت کمتری را برای مقابله با اثرات مخرب از جمله گرما، فشار، هوا، آب و آلودگی‌های ایجاد شده در سیستم داشته باشد. لذا با در نظر گرفتن پیشرفت سریع سخت افزار سیستم‌های هیدرولیک در عصر حاضر دیگر نمی‌توان قیمت را تنها عامل موثر در انتخاب یک سیال هیدرولیک دانست. نیازهای ایجاد شده در سال‌های اخیر برای "اطمینان بیشتر" و "بهره‌وری بالاتر" توجه‌ها به سمت استفاده از سیالات بدون روی را بیشتر از پیش جلب کرده است و این عوامل حتی بیشتر از مزایای "زیست محیطی" این سیالات مورد توجه قرار گرفته‌اند که در ادامه به این موارد پرداخته خواهد شد.

دلایل استفاده از سیالات فاقد روی

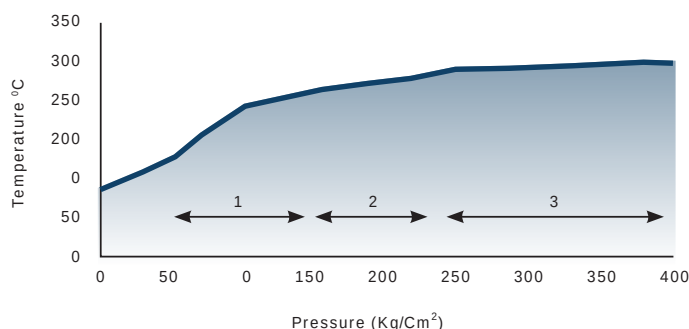
ایجاد لجن

همان‌طور که در فصلنامه تابستان ۱۳۹۳ در مقاله مواد افزودنی فشارپذیر آمده است؛ ترکیبات ZDDP با تشکیل لایه‌های محافظ روی سطح فلز از تماس مستقیم فلز-فلز جلوگیری می‌نمایند. همچنین از آنجاییکه این ماده شیمیایی خاصیت ضد اکسیداسیونی نیز دارد؛ در فرمولاسیون روغن‌های زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

با این حال طراحان فرمولاسیون همواره برای استفاده از ZDDP به عنوان آنتی اکسیدانت و ضدسایش بر سر دوراهی هستند. دلیل این امر اینست که خاصیت ضدسایش ماده ZDDP با پایداری حرارتی آن رابطه معکوس دارد، در صورتیکه خاصیت ضد اکسیداسیونی آن وابسته به خصوصیات پایداری حرارتی است. همچنین باتوجه به اینکه



شکل شماره ۱: فشرده سازی حباب هوا توسط پمپ



شکل شماره ۲: تاثیر فشار پمپ بر روی دمای حباب هوا به اندازه ۲۰۰ میکرون

پایداری حرارتی ترکیب ZDDP وابسته به ساختار شاخه جانبی آن است، طراحان فرمولاسیون با تغییر جرم مولکولی ترکیبات از طریق بهینه کردن شاخه جانبی، سعی بر ایجاد تعادلی بین خصوصیات ضد اکسیداسیونی و ضدسایشی این ماده دارند.

در سال‌های اخیر دو تغییر گسترده در طراحی و ساخت سیستم‌های هیدرولیک ایجاد شده است که این دوراهی را بیش از پیش تشدید کرده است و مناسب بودن سیالات هیدرولیک همراه با (ZDDP) را برای کاربردهای مختلف زیر سوال برده است. اولین تغییر مربوط به گرایش بازار برای استفاده از سیستم‌های هیدرولیکی کاربر پسند بوده است. این گرایش به ساخت روغن‌هایی با طول عمر بالاتر و به دنبال آن ساخت تجهیزاتی که نیاز به تعمیر و نگهداری کمتر دارد، منجر شده است. دومین تغییر عمده ایجاد شده، تمایل به ساخت تجهیزات فشرده‌تر و کوچک‌تر هیدرولیکی است. این گرایش منجر به ادغام پمپ‌های کوچک با فشار عملکردی بالا در تجهیزات هیدرولیک شده است و در نتیجه این تجهیزات تحت فشار و دمای بالاتری کار می‌کنند. با افزایش فشار عملکردی پمپ، امکان بروز پدیده کاویتاسیون در پمپ^۲ وجود دارد که این پدیده می‌تواند باعث کف کردگی^۳ زیاد در سیستم شود.

حضور کف در روغن هیدرولیک منجر به ایجاد هوای پایداری در سیستم می‌شود. زمانی که این حباب‌های هوا در حال عبور از پمپ هستند افزایش فشار ناگهانی باعث کاهش حجم این حباب‌ها می‌شود که به دنبال آن افزایش دما در حباب ایجاد می‌گردد. با توجه به اینکه این حباب‌ها در ارتباط مستقیم با سیال هیدرولیک هستند در نتیجه دمای روغن نیز افزایش می‌یابد. این موضوع بطور شماتیک در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

در شکل شماره ۲، محدوده‌های مشخص شده در شماره‌های ۱، ۲، ۳ به عنوان محدوده فشارهای عمومی در کاربردهای زیر هستند:

- ۱ ماشین آلات هیدرولیک
- ۲ دستگاه‌های قالب‌گیری تزریقی
- ۳ ماشین آلات راه‌سازی هیدرولیکی و تجهیزات سنگین

با ساخت
هر نسل جدیدی
از تجهیزات،
سطوح کارایی
بالاتری برای
روغن هیدرولیک
در نظر گرفته
می‌شود

۲. پدیده کاویتاسیون عبارت است از تشکیل حباب‌های گاز در قسمت مکش پمپ، ورود حباب‌ها به درون پروانه و پوسته و ترکیب حباب‌ها در اثر افزایش فشار، آزاد شدن انرژی و بروز خرابی در قطعات پمپ

3. Foaming





نگرانی از آلودگی زیست محیطی ZDDP در سیالات هیدرولیک، بخصوص در منابع خاکی و آبی بسیار جدی است.

ضد سایشی ضروری است، ولی کاهش سریع آن در مجموع تاثیر منفی بر عملکرد ضدسایشی می گذارد.

$ZnSO_4$ یکی از محصولات حاصل از تجزیه ZDDP است. این ماده در روغن هیدرولیک نامحلول است که طبیعتاً باعث ایجاد لجن می شود. تشکیل لجن در عملکرد سیستم هیدرولیک تاثیر گذار است و منجر به مشکلات زیادی از جمله عملکرد نامناسب فیلترها و شیرآلات هیدرولیک، بالا رفتن دمای عملیاتی، ایجاد کاویتاسیون در پمپ و نهایتاً افزایش سایش و استهلاک قطعات فلزی سیستم هیدرولیک می شود. از آنجایی که معلق نگه داشتن ذرات لجن در روغن بسیار دشوار است، بهتر است، از ابتدا از تشکیل آن جلوگیری شود. با توجه به تمامی دلایل گفته شده، کاهش تشکیل لجن در سیستم های هیدرولیک یکی از اهداف اصلی فرمولاتورها و سازندگان اصلی تجهیزات^۴ است.

عوامل زیست محیطی

به طور کلی عنصر روی، ترکیب دوستدار محیط زیست در نظر گرفته نمی شود زیرا می تواند یک عامل مسمومیت زا باشد. بر اساس کتاب «کاهش اثرات محیط زیستی روانکارهای نفتی^۵» بیش از ۳۰ درصد روانکارها به محل دفن زباله راه پیدا می کنند و یا به صورت مستقیم دور ریخته می شوند. هدر رفت سیالات هیدرولیکی بین ۷۰ تا ۸۰ درصد است که اکثراً به دلیل نشتی و خرابی تجهیزات اتفاق می افتد. تقریباً ۵۰ درصد تمام روانکارها به محیط زیست بر می گردند و در نتیجه می توانند خاک، هوا، آب های سطحی، آب های زیر زمینی و آب های آشامیدنی را آلوده کنند.

بنابر این محدوده فشارهای عملیاتی در تجهیزات راهسازی هیدرولیکی بین ۲۲۰ تا $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳۸۰ می باشد. این فشار موجب ایجاد دمای محدوده $260^{\circ}C$ تا $300^{\circ}C$ می شود. این محدوده دمایی تهدیدی جدی برای ساختار ZDDP محسوب می شود. جدول زیر تجزیه این ماده شیمیایی بر اساس افزایش دما را نشان می دهد:

دما	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
درصد تجزیه ZDDP	۲/۴	۴۷	۵۶/۶

همان طور که در جدول مشخص شده است، انسجام ساختار ZDDP بسیار به دما وابسته است. همچنین عملکرد ضدسایشی و ضد اکسیداسیونی این ماده به غلظت آن نیز وابسته است و در دماهای مختلف متفاوت است. بنابراین در سیستم های هیدرولیک تجهیزات سنگین - جایی که حباب هوا موجب رسیدن دمای روغن به $300^{\circ}C$ درجه می شود - درصد بالایی از ZDDP تخریب و مصرف می شود. اگرچه تجزیه ZDDP برای تسهیل عملکرد

پایداری حرارتی
ZDDP وابستگی
شدیدی به دمای
سیال هیدرولیک
دارد هنگامی که
دمای سیال از
۲۰۰ به ۲۵۰ درجه
سانتی گراد برسد
میزان درصد تجزیه
این ماده شیمیایی
حدود ۲۰ برابر
افزایش می یابد

از مضرات استفاده از افزودنی‌های بر پایه روی می‌توان به خوردگی فلزات زرد مانند مس و برنج اشاره نمود. لذا در سیستم‌های هیدرولیک که از فلزات زرد استفاده شده است کاربرد این سیالات به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود

سولفات روی یکی از محصولات حاصل از تجزیه ZDDP است. لذا سازندگان ترکیبات افزودنی معتبر در دنیا به این نکته توجه ویژه دارند تا به ماده ای مناسب جهت جایگزینی ZDDP در ساخت روغن هیدرولیک برسند

یک ترکیب ضد اکسیداسیون و ضدسایش قوی محسوب می‌شود برای انتخاب ماده افزودنی جایگزین باید دقت ویژه و تخصص بالایی را بکار بست؛ سازندگان ترکیبات افزودنی معتبر در دنیا به این نکته توجه ویژه دارند تا به ماده ای مناسب جهت جایگزینی ZDDP در ساخت روغن هیدرولیک برسند.

نتیجه گیری

سیالات هیدرولیک غالباً به عنوان حیاتی ترین بخش یک سیستم هیدرولیک در نظر گرفته می‌شوند. ماشین‌ها باید بتوانند برای صدها و حتی هزاران ساعت با اطمینان در گرما، سرما، شرایط خیس یا خشک به کار خود ادامه دهند. بزرگترین خسارتی که به کاربر نهایی وارد می‌شود بابت کاهش زمان کارکرد یا عمر مفید تجهیزات هیدرولیک است که به دلیل کیفیت سیال اتفاق می‌افتد. سیالات ارزان قیمت و یا نامناسب نمی‌توانند از تجهیزات به درستی محافظت کنند و در نتیجه قطعات زودتر از موعد فرسوده می‌شوند و نیاز به تعویض پیدا می‌کنند. البته باید در نظر داشت فقط تولیدکنندگان و فروشندگان سیالات هیدرولیک نیستند که از انتخاب سیال صحیح نفع می‌برند بلکه تولیدکنندگان تجهیزات (OEM) نیز به واسطه کاهش سایز سیستم‌های هیدرولیک و افزایش توان خروجی این سیستم‌ها همواره در معرض چالش خرابی محصولات و متحمل شدن تعهدات ضمانت کارکرد قطعات خود قرار دارند و لذا انتخاب سیال هیدرولیک با کیفیت برای آنها نیز مهم است.

ناسازگاری با فلزات زرد

از مضرات استفاده از افزودنی‌های بر پایه روی می‌توان به خوردگی فلزات زرد مانند مس و برنج اشاره نمود. لذا در سیستم‌های هیدرولیک که از فلزات زرد استفاده شده است کاربرد این سیالات به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود.

طراحی فرمولاسیون روغن‌های هیدرولیک فاقد روی

اهداف کلی از طراحی فرمولاسیون روغن‌های هیدرولیک فاقد ترکیب ZDDP به شرح زیر است:

- کاهش تشکیل لجن
 - ارائه خصوصیات ضدسایش معادل یا بهتر از خصوصیات ضدسایش ZDDP
 - تامین خاصیت ضد اکسیداسیونی معادل ZDDP
 - افزایش حداقل دوبرابری کارکرد سیالات فاقد روی نسبت به سیالات حاوی افزودنی ZDDP
- در اواسط دهه نود میلادی دو پیشنهاد عمده برای حل معضل ایجاد رسوبات لجنی شکل در سیستم‌های هیدرولیک مطرح بود:
- 1 بهبود روغن‌های هیدرولیک حاوی ZDDP از طریق جلوگیری از تشکیل رسوب با به کارگیری معلق کننده بهتر و یا جایگزینی معلق کننده با غلظت بالاتر
 - 2 استفاده از ترکیبات ضدسایش فاقد روی و ساخت روغن هیدرولیک با خاصیت ضد اکسیداسیون خوب

پس از مطالعات اولیه، اولین روش پیشنهادی مورد تایید قرار نگرفت زیرا ساخت روغن هیدرولیک با غلظت بالای معلق کننده و یا طراحی یک معلق کننده جدید ممکن است در کوتاه مدت از تشکیل رسوب جلوگیری کند ولی با توجه به اینکه ترکیبات معلق کننده در حین کارکرد روغن مصرف می‌شوند، معلق سازی ترکیبات رسوب کننده برای مدت طولانی عملاً امکان پذیر نیست. علاوه بر این، ساخت روغن هیدرولیک با غلظت بالای معلق کننده پرهزینه و گران است. با توجه به دلایل گفته شده، گزینه دوم مورد تایید و در دستور کار قرار گرفت. البته توجه به این نکته ضروری است که حذف ZDDP مزایای متعددی مانند حذف کامل رسوبات لجنی شکل را دارد ولی از آنجایی که این ماده



تماس مستقیم ماشین آلات هیدرولیک با منابع آب و خاک میتواند باعث نشت آلاینده های روانکار به محیط زیست شود.

بهبود طراحی انتقال دهنده های اتوماتیک و سیالات آنها



مقدمه

روانکار های مناسب برای انتقال دهنده های اتوماتیک خودرو در کاربردهای مختلف استفاده می شوند که بخش عمده ی آن انتقال دهنده اتوماتیک در خودرو های سواری، اتوبوس یا وسایل نقلیه تجاری سنگین و وسایل نقلیه آفرود است. بهبود طراحی های انتقال دهنده های اتوماتیک همزمان با نیاز بازار به منظور کاهش مصرف سوخت و انتشار گاز های مضر موجب شد تا روانکار های جدید با خواص بهبود یافته با طول عمر تعویض طولانی تر تولید شوند. [۱]



د. رسا وحیدی

کارشناس مهندس فروش

اتوماتیک^۲ (AMT):

جعبه دنده های AMT در حقیقت یک راه حل میانبر برای رسیدن به یک سیستم جعبه دنده اتوماتیک با کمترین هزینه است. این سیستم از این جهت به عنوان راه حل میانبر در نظر گرفته می شود که مزایای جعبه دنده های دستی را در کنار راحتی جعبه دنده های اتوماتیک به صورت یک جا عرضه می کند در حالی که در دسره های تعویض دنده در جعبه دنده های دستی و هزینه بالای سیستم های اتوماتیک را ندارد. در این نوع، اجزای مختلف سیستم انتقال قدرت دستی شامل جعبه دنده و کلاچ حفظ می شوند و از این جهت شباهت زیادی به سیستم های دستی دارند اما کنترل کارکرد این دو بخش بر عهده یک سیستم کامپیوتری است که می تواند بدون دخالت راننده کار کند و به این ترتیب می توان آن ها را جزو سیستم های اتوماتیک طبقه بندی کرد. در واقع می توان گفت سیستم های AMT انتقال دهنده های دستی هستند که از سروو^۳ به منظور درگیری کلاچ ها استفاده می کنند و دنده ها به صورت خودکار تغییر می کنند. از این نوع جعبه دنده ها بیشتر در خودرو های ارزان قیمت بهره می برند.

۱-۳ انتقال دهنده های متغیر پیوسته^۴ (CVT):

در انتقال دهنده های اتوماتیک CVT از پولی هایی^۵ با قطر متغیر استفاده می شود که عملاً می توانند تغییر پیوسته ای در نسبت دنده ها ایجاد کنند (مفهوم نسبت دنده بینهایت از همینجا سرچشمه می گیرد). در جعبه دنده های CVT کلیه ی چرخ دنده ها حذف شده و به جای آن یک پولی به محور محرک یا همان موتور و یک پولی به محور متحرک یا همان محور چرخ ها متصل شده و این دو پولی توسط یک تسمه به یکدیگر متصل هستند.

۱ انواع انتقال دهنده خودرو و ساختار:

برای مقایسه ی سیالات های مختلف انتقال قدرت بهتر است نحوه ی عملکرد هر کدام در ابتدا بررسی گردد؛ با درک اختلاف مکانیکی ابزار های مختلفی که برای انتقال استفاده می شود و بحث در اجزایی که برای ساخت روانکار های مختلف بکار می رود می توان به مقایسه ی آن ها پرداخت.

۱-۱ انتقال دهنده های اتوماتیک متداول^۱ (AT)

سیستم های انتقال قدرت اتوماتیک این روزها تنوع بسیار زیادی دارند اما شکل سنتی آن ها که سال ها است در خودرو ها مورد استفاده قرار می گیرد شامل بخشی به نام مبدل گشتاور برای انتقال قدرت از موتور به جعبه دنده و یک سیستم جعبه دنده سیاره ای برای درگیر کردن خودکار دنده های مختلف است. این سیستم هر چند کارایی خود را سال ها به نمایش گذاشته اما به دلیل قیمت بالا، فضای زیادی که اشغال می کند و البته اتلاف بخشی از انرژی در سیستم مبدل گشتاور، ضعف هایی در مقابل سیستم های انتقال قدرت دستی از خود نشان می دهد.

۱-۲ انتقال دهنده های دستی

بهبود طراحی های انتقال دهنده های اتوماتیک همزمان با نیاز بازار به منظور کاهش مصرف سوخت و انتشار گاز های مضر موجب شد تا روانکار های جدید با خواص بهبود یافته با طول عمر تعویض طولانی تر تولید شوند

1- Automatic Transmission
2-Automatic Manual Transmission
3-Servo

4-Continuously Variable Transmission
5- Pulley



انتقال دهنده DCT

نیمه خودکار هم وجود دارد تا مانند بازی های ویدئویی با فشار اهرم های پشت فرمان به راحتی دنده تعویض شود. میانگین تعویض دنده حدود ۸ میلی ثانیه است که از هر نوع دیگر جعبه دنده سریع تر است. شتاب گیری با خودروهای مجهز به DCT بسیار لذت بخش و بدون تکان شدید است که سواری را برای سرنشینان، راحت تر می کند. اما شاید جذاب ترین مزیت آن برای خریداران خودرو، مصرف سوخت بهینه تر باشد. به دلیل اینکه جریان انتقال قدرت در خودروهای مجهز به DCT مداوم است، مصرف سوخت به طور قابل توجهی کمتر شده است. در واقع یک جعبه دنده ۶ سرعته ی DCT در برابر نوع دستی ۵ سرعته، حدود ۱۰ درصد سوخت کمتری مصرف می کند.

دو نوع سیستم DCT وجود دارد:

● DCT خشک^۷:

در مواردی استفاده میشود که میزان گشتاور تا ۲۵۰ نیوتن - متر محدود شده است.

● DCT غوطه ور (تر)^۸

این سیستمها در مواردی کاربرد دارند که با گشتاورهای خیلی بالا سروکار داریم و باید ائتلاف گرما و کارایی اصطکاکی بهبود داده شوند. همچنین در موتورهای بسیار کوچک که ائتلاف انرژی مساله بسیار مهمی است از این سیستمها استفاده می شود.

● ۲) مروری بر ویژگی سیال های متفاوت انتقال و استاندارد های آنها:

در ادامه به ویژگی های مورد نیاز سیال های ذکر شده در انواع سیستم های انتقال می پردازیم.



انتقال دهنده CVT

هر کدام از این پولی ها دارای دو مخروط هستند که با نزدیک و دور شدن به یکدیگر باعث افزایش یا کاهش قطر پولی مورد نظر می شوند و در نتیجه زمانی که قطر محور محرک کوچک می شود قطر محور متحرک بزرگ می شود و بالعکس. در چنین شرایطی متوجه خواهیم شد که با تغییر قطر دو پولی، در هر لحظه ضریب دنده تغییر می کند و از همین رو می توان از نظر فنی گفت که میزان ضریب دنده جعبه دنده های CVT بینهایت است چرا که در هر لحظه برای ایجاد بهترین شرایط، قطر این دو پولی در حال تغییر است و هزاران ضریب دنده مختلف ایجاد می شود. هزینه نگهداری این نوع جعبه دنده ها نسبتا بالا است و نیاز به استفاده از روغن های خاص و گران قیمت دارند. البته نرمی بیش از حد در حین کارکرد و ثابت ماندن دور موتور برای رانندگان دلپذیر است اما از آنجا که هیچ حسی از تعویض دنده به راننده نمی دهند برای رانندگان اسپرت دلچسب نیستند. این نوع جعبه دنده ها برای اولین بار توسط شرکت معروف نیسان مورد استفاده قرار گرفتند. سیال انتقال CVT از اصطکاک فلز با فلز در نقاط تماس تسمه و پولی جلوگیری می کند.

۱-۴ انتقال دهنده های با کلاچ دو گانه DCT^۹

انتقال دهنده ی اتوماتیک DCT از ساختار جعبه دنده دستی با دو کلاچ استفاده می کنند. جعبه دنده های دو کلاچه نوع جدیدی از جعبه دنده ها هستند که به صورت نیمه خودکار عمل می کنند. در سیستم جعبه دنده دو کلاچه یا DCT، از دو کلاچ مستقل برای اتصال و قطع نیرو استفاده می شود؛ یکی از کلاچ های به کار رفته در این سیستم وظیفه درگیر شدن با چرخ دنده های فرد جعبه دنده را به عهده دارد و دیگری چرخ دنده های زوج جعبه دنده را کنترل می کند. به طور کلی می توان گفت سیستم های جعبه دنده دو کلاچه یا DCT به جعبه دنده های دستی شبیه تر هستند با این تفاوت که در جعبه دنده های دستی یا معمولی جریان انتقال نیرو همیشگی نیست و راننده برای تغییر ضریب دنده باید جریان نیرو را قطع کند اما در جعبه دنده دو کلاچه، صفحات هیدرولیکی کلاچ به صورت پشت سر هم فعال می شوند و اجازه نمی دهند جریان نیروی منتقل شده به چرخ متوقف شود؛ از همین رو در خودروهایی که از جعبه دنده دو کلاچه بهره می برند پدال کلاچ مشاهده نمی شود. در سیستم های DCT علاوه بر تعویض دنده ی سریع و اتوماتیک، امکان تغییر آن به حالت

از آنجا که مکانیزم های مختلف سایش و اصطکاک موجود در جعبه دنده باعث افت قدرت کشش خودرو می شوند بسیاری از طراحان سیستم های جعبه دنده به سیالات با ویسکوزیته پایین تر روی آورده اند

۲-۱ سیال های انتقال دهنده دستی:

مشخصه مهم این سیال محافظت از بلبینگ و دنده بعلاوه ارائه خواص ضد سایشی برای هماهنگ کننده های دور^۹ است. محافظت دنده و بلبینگ در برابر سایش، با توازن مواد افزودنی ضد سایش و ضد فشار به دست می آید. به طریق مشابه، میزان مناسب و متوازی از مواد افزودنی اصلاح کننده خواص اصطکاکی می تواند نیازهای اصطکاکی هماهنگ کننده های دور را به وجود آورد.

از آنجا که مکانیزم های مختلف سایش و اصطکاک موجود در جعبه دنده باعث افت قدرت کشش خودرو می شوند بسیاری از طراحان سیستم های جعبه دنده به سیالات با ویسکوزیته پایین تر روی آورده اند. طبیعی است کاهش ویسکوزیته سیال، موجب کاهش ضخامت لایه روانکار می گردد که این امر نقش مواد افزودنی خاص با کارایی بالاتر برای حفظ دنده ها و یاتاقان ها در برابر استهلاک و فرسودگی ناشی از سایش را برجسته تر می کند.

۲-۲ سیال های دنده اتوماتیک متداول:

سیالات ویژه دنده های اتوماتیک سیارهای از پیچیده ترین انواع سیالات دنده محسوب می شوند. در مبدل گشتاور باید نیرو را انتقال دهند، نقش سیال هیدرولیک را بازی کنند، برای دنده ها، یاتاقانها و کلاچ های تر روانکار باشند، حرارت ایجاد شده در اثر اصطکاک را به بیرون انتقال دهند و با بسیاری از مواد فلزی و غیر فلزی مورد استفاده در جعبه دنده ها سازگاری داشته باشند. همه این ویژگی ها باید در محدوده بسیار وسیع دمایی از ۴۰ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد بخوبی حفظ شوند.

۲-۳ سیال های انتقال دهنده کلاچ های دوگانه (DCT):

این سیال ها نیاز به عملکرد ترکیبی دارند در واقع آنها علاوه بر آنکه برای استفاده در دنده های دستی و هماهنگ کننده دور مناسب هستند باید در کلاچ های غوطه ور نوع AT نیز نقش خود را به خوبی ایفا کنند. به عبارت دیگر این سیالات باید کلیه ویژگی های سیستم های دستی و اتوماتیک را همزمان دارا باشند. فرمولاسیون سیال های DCT باید بتواند بخوبی از کلاچ ها محافظت کند و در عین حال در لحظه شروع به حرکت خودرو، نرمی حرکت را حفظ نماید. از سوی دیگر سیال DCT باید دوام بسیار خوبی در حفظ خواص ضد-لرزش^{۱۰} در طول عمر مفید (۲ میلیون تغییر دنده) داشته باشد. هماهنگ کننده های دور نیز، در صورت عملکرد اصطکاکی مناسب سیال های انتقال می توانند عملکرد بسیار نرمی بدون لغزش یا شوک داشته باشند.

۲-۴ سیال های انتقال دهنده تغییر پیوسته (CVT)

چالشی که در طراحی فرمولاسیون سیال CVT وجود دارد

با سیال ATF متفاوت است. در سیال ATF با اصطکاک بین صفحات فلزی و قطعات سولولزی روبرو هستیم در حالیکه در CVT اصطکاک فلز با فلز (فولاد) را داریم که طبیعتا از نظر خواص اصطکاکی، شرایط سخت تری دارد و سیال CVT باید از نظر قدرت محافظت در برابر سایش قوی تر بوده و از پایداری برشی بسیار خوبی برخوردار باشد. ویژگی های کلی سیال انتقال نیروی پیوسته متغیر با سیال ATF متفاوت است.

در این سیستم، سیال علاوه بر تامین نیازمندی های کلی سیال انتقال نیرو، باید از پایداری برشی لازم برخوردار باشد تا از گسیخته شدن فیلم روانکار در سطح تماس فلز-فلز جلوگیری کند. سیال CVT از روغن پایه مرغوب و ترکیبی از پاک کننده های فلزی، پخش کننده های بدون خاکستر، ترکیبات کاهش دهنده اثر فشار، کاهش دهنده اصطکاک و بهبود دهنده گرانیوی تشکیل شده است. [۲]

به طور کلی سطوح کیفیت و کارایی سیالات انتقال اتوماتیک و مشخصات عملکردی آنها توسط استانداردهای طراحان و سازندگان انتقال دهنده های اتوماتیک یا وسایل نقلیه تعیین می گردد

۲-۵ استانداردها:

به طور کلی سطوح کیفیت و کارایی سیالات انتقال اتوماتیک و مشخصات عملکردی آنها توسط استانداردهای طراحان و سازندگان انتقال دهنده های اتوماتیک یا وسایل نقلیه تعیین می گردد. این استاندارد ها مراحل صدور تأییدیه برای کاربردهای مختلف را نیز تعیین می کنند. طراحی های ویژه ی انتقال دهنده های اتوماتیک خودرو باعث تفاوت میان استاندارد سازنده های مختلف است. بین استانداردهای انجمن های سازندگان خودرو اروپایی (OEM) و آمریکایی نیز تفاوت وجود دارد. سازندگان آمریکایی انتقال دهنده های اتوماتیک خودرو تاکید بر کیفیت روانکار در خودروهای سواری دارند در حالی که سازندگان اروپایی روانکارهایی با کیفیت بالا برای انتقال دهنده های اتوماتیک در وسایل نقلیه تجاری تولید می کنند.

استاندارد سازندگان آمریکایی عبارتند از:

- DEXRON®
- MERCON®
- ALLISON C-4
- CATEPILLAR TO-4
- استاندارد سازندگان اروپایی عبارتند از:
- Mercedes Benz (Daimler AG) MB Blatt 236
- MAN 339
- ZF
- VOITH G 607
- RENK

این استاندارد ها به طور گسترده ویژگی های عملکرد ATF را پوشش می دهند. به طور کلی این استاندارد ها به دو دسته ی ”پرشدن در کارخانه“^{۱۱} و ”تعویض به هنگام سرویس“^{۱۲} تقسیم می شوند. در مقاله حاضر فقط ویژگی های تعویض سرویس مورد بررسی قرار می گیرد.

بیشترین تأثیر در کیفیت سیالات ATF توسط شرکت های تولید کننده ی مشهور اتومبیل در ایالات متحده مانند جنرال موتورز (GM) و فورد ایجاد شده است که شناخته شده ترین آنها DEXRON® و MERCON® هستند. برخی سازندگان OEM نیز استانداردهای DEXRON یا MERCON را برای دوره های سرویس خودروهای خود توصیه می کنند. البته این مشخصات در گذر زمان بهبود یافته اند تا ویژگی های مورد نیاز مشتریان و طراحان را پوشش دهند. روند تکامل این استاندارد ها در جدول شماره یک قابل مشاهده است: [۳]

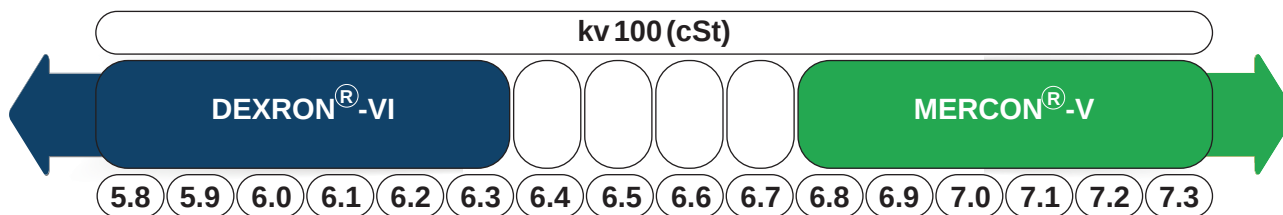
برای مشخصات مورد نیاز سیالات ATF وسایل نقلیه سنگین و خارج جاده، شرکت Allison Transmission متعلق به شرکت GM استاندارد Allison C را معرفی نمود که باطیف گسترده‌ای از کلاچ ها و آب بندها سازگار است. در جدول شماره ۳ سیر تحول این سطح کارایی ارائه شده است.

جدول شماره ۳- مقایسه استاندارد سری Allison		
تغییرات	نوع استاندارد	سال
-	Allison C	۱۹۵۳
زمانی که طراحی سیستم های انتقال دهنده تغییر یافت	Allison C1	۱۹۵۹
برای موارد سخت عملکردی	Allison C2	۱۹۵۹
اکسیداسیون و خواص اصطکاکی بهتر سازگاری بهتر با عایق ها	Allison C3	۱۹۷۷
در حال حاضر موجود است	Allison C4	۱۹۸۹

در حال حاضر Allison، TSE-439 را معرفی نموده است که سخت گیری های بسیاری برای اکسیداسیون و ویسکوزیته دارد. از سوی دیگر شرکت کاترپیلار سطح کارایی Caterpillar TO-4 را برای تعیین ویژگی های سیال انتقال دهنده در ماشین آلات سنگین معرفی نموده است.

جدول شماره ۱- روند تکامل استانداردهای GM و FORD		
تغییرات بهبود یافته	نوع استاندارد	سال
-	هر دو GM و FORD تایپ A سیال های انتقال را معرفی کردند.	۱۹۴۹
-	GM نوع تایپ A suffix را ایجاد کرد	۱۹۵۶
-	GM سیال های برند تجاری DEXRON را معرفی نمود.	۱۹۶۷
تغییرات در اکسیداسیون، چرخه های اصطکاک، معرفی تست سایش و سایر تست های محافظت اصطکاکی	GM سیال های انتقال DEXRON II را ارائه داد.	۱۹۷۳
-	Ford، برند تجاری MERCON را معرفی کرد	۱۹۸۷
اکسیداسیون بهتر، جریان پذیری بهتر در دمای پایین تر	GM سیال های انتقال خود را به DEXRON IIE ارتقا داد	۱۹۹۰
نقطه اشتعال بهتر، نقطه احتراق بهتر، خوردگی مس، مقاومت فوم، مقاومت اکسیداسیون و محافظت اصطکاکی طولانی تر	GM سیال های انتقال خود را به DEXRON III ارتقا داد	۱۹۹۳
بهبود سایش، اکسیداسیون، خواص ویسکومتری و موارد نیاز عملکرد اصطکاک	Ford، سطح کارایی MERCON V را معرفی نمود	۱۹۹۶
بهبود در خواص آنتی فوم، ضد سایش، جریان پذیری در دمای پایین، پایداری برشی، پایداری اکسیداسیون و حرارتی	GM سیال های انتقال خود را به DEXRON VI ارتقا داد	۲۰۰۵

این نکته را باید در نظر گرفت که DEXRON-VI نمی تواند با MERCON V به صورت ترکیبی در نظر گرفته شود چرا که مطابق شکل شماره ۱ محدوده های ویسکوزیته ی آنها متفاوت است. همچنین جدول شماره ۲ پارامتر های مختلف در استاندارد های متداول برای شرکت های GM و FORD را مقایسه می کند.



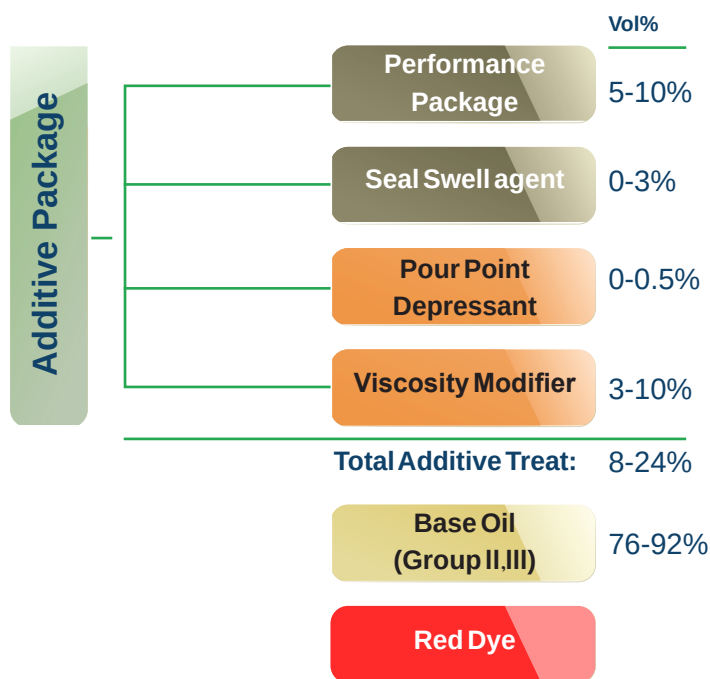
شکل شماره ۱- تفاوت محدوده های ویسکوزیته DEXRON و MERCON

ZF و Voith تاییدیه هایی برای سیال هایی با کاربرد خاص ارائه داده اند. اما برای ماشین های سواری، هردو شرکت ZF و Voith گواهی DEXRON و یا MERCON را بعلاوه ویژگی های مورد نیاز برای پایداری برشی ویسکوزیته و سایش الزامی دانسته اند. از سوی دیگر در حال حاضر اکثر سازنده های خودرو های اروپایی مصمم به استفاده از سیستم های DCT و CVT هستند. بطور مثال از شرکت هایی که در حال تست انواع CVT هستند می توان به

BMW، Fiat، Ford، Honda، Nissan، Mercedes-Benz، Mitsubishi، Rover، Renault، Toyota، Volvo، VW و ZF اشاره نمود.

برای این سیال ها مشخصات رایج و عمومی وجود ندارد اما در جدول شماره ۴ مشخصات متداول برای یک سیال CVT ارائه گردیده است.

جدول شماره ۲- مقایسه پارامتر های مختلف در استاندارد های متداول امروزی						
	100°C Viscosity	-40°C Brookfield	Shear Stability	Oxidation	Friction durability	Anti-Shudder durability
MERCON V	6.8 cSt min	13,000 CP max	6.0 cSt min (20hr KRL)	+	++	+
MERCON LV	6.2 cSt min	13,000 CP max	5.5 cSt min (20hr KRL)	++	+++	++
DEXRON VI	6.4 cSt min	15,000 CP max	5.5 cSt min (40hr KRL)	+++	+++	+



شکل ۲. اجزاء موجود در یک سیال ATF

جدول شماره ۴- ویژگی های یک سیال CVT	
Properties	Typical Values
Kinematic Viscosity at 100°C	~7.00 CST
Viscosity Index	~200
Brookfield at -40°C	< 9.000 CP
Shear Stability	<10% Shear Loss KV 100
Typical Elements	B,P,Ca (High level), Some have Zn or Mg
Cu Corrosion	1b
OXidation Stability	Exceed JASO 1A
4 Ball Extreme Pressure	Welding Load ~160 Kg Load Wear index ~30
JASO Anti-Shudder Durability	Durability less than 100 Hours
JASO Clutch Friction M348	MuD Change: ~10% Max. Mu0/MuD: 0.91-1.12 Min MuD: ~0.11
Steel on Steel (SOS) Friction	0.11-0.13 for NS-2 , TC , HCF-2 , Audi CVTF , ZF CVTF 0.09-0.11 for HMMF

۳ فرمولاسیون سیالات انتقال اتوماتیک

به طور کلی حدود ۹۰٪ تمام سیالات انتقال را روغن پایه تشکیل می دهد و مابقی به مواد افزودنی تعلق دارد. انواع مواد افزودنی مانند بهبود دهنده های نقطه ریزش، بهبود دهنده پایداری برشی، بهبود دهنده ی شاخص گرانروی (در صورت لزوم)، بهبود دهنده خواص فشار پذیری، ضد سایش، ضد اکسیداسیون، ضد خوردگی، ضد کف و متفرق کننده ها به کار می روند. [۴]

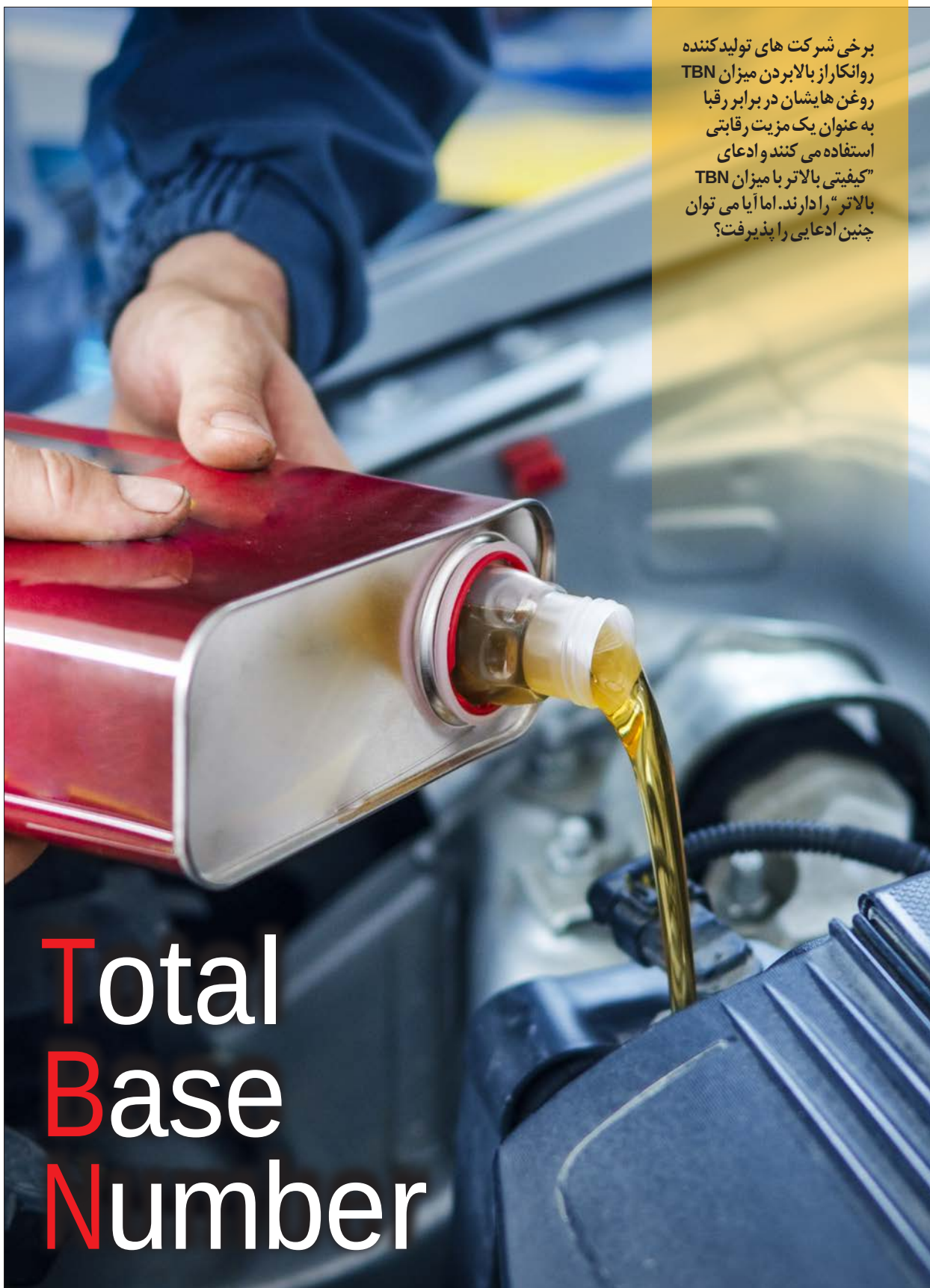


استفاده از جعبه دنده نوع DCT در خودرو جدید هیبریدی Ferrari SF90

با بهره گیری از این جعبه دنده هشت سرعته ظرفیت گشتاور ۳۰ درصد افزایش یافته و وزن آن حدود ۷ کیلوگرم کاهش داده شده است.

منابع:

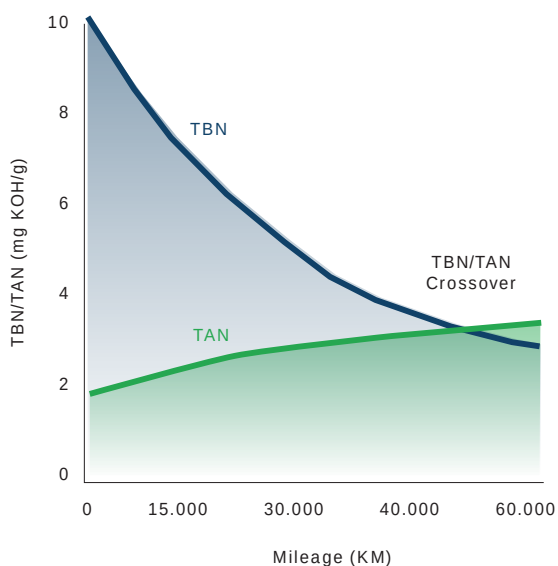
1. Effects of base components on automatic transmission fluid rheological characteristic, Tonca Caleta Prolic, Renata Petek Grahovac, Strucni rad/Professional Paper, 2008, 299-318.
2. Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants handbook, Leslie R. Rudnick, page 457, 2013.
3. Developments in Lubricant Technology handbook, S. P. Srivastava, Chapter 11, Page 179, 2014.
4. Automatic transmission and driveline fluids, SAE Technical Paper 2007, Newcomb. T, Tipton. C, and inc, T.-C., 2007.



برخی شرکت های تولید کننده
روانکاراز بالا بردن میزان TBN
روغن هایشان در برابر رقبا
به عنوان یک مزیت رقابتی
استفاده می کنند و ادعای
”کیفیتی بالاتر با میزان TBN
بالاتر“ را دارند. اما آیا می توان
چنین ادعایی را پذیرفت؟

Total
Base
Number

آزمون TBN یا تست های جایگزین؟



نمودار شماره ۱. تغییرات TBN نسبت به TAN حین کارکرد

روغن، بالا رفتن ذرات ناشی از آلودگی روغن است و نه میزان اسیدیته آن. با این وجود، برخی شرکت های تولیدکننده روانکار از بالا بردن میزان TBN روغن هایشان در برابر رقبا به عنوان یک مزیت رقابتی استفاده می کنند و ادعای "کیفیتی بالاتر با میزان TBN بالاتر" را دارند. اما آیا می توان چنین ادعایی را پذیرفت؟

میزان TBN مطلوب چقدر است؟

در پاسخ به این مسئله باید گفت که در برخی موارد بالا بودن TBN



ست آپ آزمایشگاهی آزمون TBN

مقدمه

روغن های موتور جدید، از تکنولوژی های بالایی برخوردار هستند که لازم است مشخصات سختگیرانه ای را با توجه به تغییراتی که در موتورهای جدید ایجاد شده، پوشش دهند. زمانی که صحبت از مشخصات فیزیکی-شیمیایی روغن می شود گرانروی اولین مورد حائز اهمیت است که در طبقه بندی SAE J300 تعریف شده و شامل انواع گرانروی سینماتیک در ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتیگراد، گرانروی CCS و MRV در دماهای پایین و گرانروی HTHS در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد است که هر یک شرایط تنشی مخصوصی دارند. دومین مشخصه مهم، فراریت است که تمایل روغن را به تبخیر شدن در دماهای بالا نشان می دهد و اما سومین ویژگی مهم روغن موتور عدد قلیائیت کل یا TBN است. TBN در واقع بافر قلیایی است که به منظور خنثی سازی اسیدهای تولید شده در اثر فرایندهای مختلف اکسیداسیون از جمله احتراق سوخت خصوصا سوخت های بی کیفیت با گوگرد بالا و یا اکسیداسیون ترکیبات روغن، به کار می رود.

میزان اسیدهای موجود در روغن با TAN و با عدد اسیدی کل توصیف می شود که با استفاده از روش آزمون ASTM D664 قابل اندازه گیری است. زمانی که روغن در حال کار است به تدریج میزان TBN آن کاهش و میزان TAN آن افزایش می یابد که نمودار تغییرات این دو، در یک نقطه به هم می رسد و در نتیجه میزان TAN و TBN یکسان می شود (نمودار شماره ۱). در این نقطه ویژگی محافظت خوردگی موتور به بدترین شکل در معرض خطر قرار می گیرد و لازم است روغن تعویض شود. در واقعیت، رسیدن به چنین نقطه ای بسیار دور از انتظار و نامحتمل است مگر اینکه از سوختی با کیفیت بسیار بد استفاده شود و یا دوره های تعویض روغن به درستی صورت نگیرد. نکته جالب اینجاست که در اغلب موارد، اولین دلیل تعویض



فرشته علیان نژاد

مدیر واحد توسعه فرآورده ها

در یک خودرو سواری که از سوخت دیزل استفاده می شود در صورتی که موتور خودرو قدیمی باشد و دارای سیستم فیلتر ذرات معلق (DPF) نباشد و همچنین سوخت به کار رفته آلوده و یا دارای کیفیت پایین باشد میزان توصیه شده TBN، بین ۱۰ تا ۱۲ است. اما در خودروهای دیزلی جدیدتر که دارای سیستم DPF هستند و از سوخت دیزل با گوگرد بسیار پایین استفاده می کنند میزان TBN توصیه شده حدود ۶ تا ۹ است



خودروهایی که
از سوخت های
بنزین، CNG و LPG
استفاده می کنند
نیاز به TBN بالا
ندارند زیرا میزان
بالای TBN موجب
ایجاد رسوبات
خاکستر بیشتری
می شود و روی
سیستم کاهش
دهنده آلاینده های
اگزوز از جمله GPF
و TWC تأثیر منفی
می گذارد

خاکستر بیشتری می شود و روی سیستم کاهش دهنده آلاینده های اگزوز از جمله GPF² و TWC³ تأثیر منفی می گذارد. استفاده از روغن دیزلی سنگین با TBN بالا در موتورهای بنزینی جدید منجر به پدیده LSPI⁴ و در نتیجه آسیب جدی به موتور می شود.

محدوده TBN قابل قبول در استاندارد ACEA و همچنین تعداد زیادی از استانداردهای ملی روغن موتور مشخص شده است. روش های تست متفاوتی برای اندازه گیری TBN وجود دارد که ASTM D2896 و ASTM D4739 متداول ترین آنها هستند. سازمان ACEA روش ASTM D2896 را مدنظر قرار می دهد که در آن هم بازهای قوی و هم ضعیف مورد محاسبه قرار می گیرند و در نتیجه میزان TBN بالاتری نسبت به روش ASTM D4739 گزارش می شود.

مهمترین عامل ایجاد کننده TBN در روغن موتور، پاک کننده های فوق بازی شامل سولفونات ها، فئات ها و سالیسیلات های کلسیم و در برخی موارد سدیم و منیزیم هستند. البته مواد افزودنی دیگر نظیر معلق کننده ها نیز در ایجاد TBN نقش دارند. نکته قابل توجه این است که میزان واقعی TBN به تنهایی اهمیت ندارد بلکه مهم این است که چه مواد

مطلوب است و در برخی موارد مطلوب نیست. در یک خودرو سواری که از سوخت دیزل استفاده می شود در صورتی که موتور خودرو قدیمی باشد و دارای سیستم فیلتر ذرات معلق (DPF¹) نباشد و همچنین سوخت به کار رفته آلوده و یا دارای کیفیت پایین باشد میزان توصیه شده TBN، بین ۱۰ تا ۱۲ است. اما در خودروهای دیزلی جدیدتر که دارای سیستم DPF هستند و از سوخت دیزل با گوگرد بسیار پایین استفاده می کنند میزان TBN توصیه شده حدود ۶ تا ۹ است.

میزان TBN مناسب روغن به فاکتورهای متعددی وابسته است که از جمله آن، نوع سوخت مصرفی خودرو است. روغن موتور در زمان کارکرد خودرو همواره با مقداری سوخت رقیق می شود خصوصاً در سفرهای کوتاه که دمای موتور به اندازه کافی بالا نرفته و سوخت باقیمانده به سرعت تبخیر نمی شود و یا در سرعت های بالا زمانی که ترکیب سوخت و هوا غنی از سوخت است و تبخیر سوخت اضافی موجب جذب بخشی از گرمای سیلندر و خنک شدن موتور می شود. رقیق شدن روغن موتور با سوخت های نفتی موجب کاهش گرانی می شود اما به دلیل ماهیت آن، تأثیر چندانی روی پایداری اکسیداسیون روغن نمی گذارد در حالیکه رقیق شدن روغن موتور با سوخت های زیستی یا همان بیوفیول ها که عمدتاً ترکیباتی از اتانول یا متانول هستند، موجب کاهش پایداری اکسیداسیون روغن شده و از اینرو در استفاده از این نوع سوخت، نیاز به TBN بالاتری می باشد. شایان ذکر است استفاده از سوخت های زیستی در بسیاری از کشورها الزامی شده اما در کشور ایران هنوز مورد توجه سازمان های دولتی و محیط زیست قرار نگرفته است.

خودروهایی که از سوخت های بنزین، CNG و LPG استفاده می کنند نیاز به TBN بالا ندارند زیرا میزان بالای TBN موجب ایجاد رسوب

واضح است، در ایالات متحده اکثر خودروهای سواری از بنزین به جای گازوئیل استفاده می کنند. ضمناً برای موتورهای سنگین که از گازوئیل استفاده می کنند نیز در آزمون های موتوری API تست های مرتبط با خاصیت پاک کنندگی و ضد خوردگی روغن که خاصیت TBN را پوشش می دهند گنجانده شده است. به طور مثال می توان به آزمون های Filter Pressure Head و Sludge limits و در آزمون Cummins M11 و یا Top Groove Fill Limit در آزمون Caterpillar 1K اشاره کرد.

با توجه به اینکه میزان گوگرد خودروهای دیزل کاهش یافته است، در سطوح کیفی دیزلی مدرن از جمله CK-4، CJ-4 و FA-4 میزان TBN کمتری نسبت به CI-4 و CH-4 چه در روغن کارنکرده و چه روغن در حال کار، در نظر گرفته شده است. با وجود تمام این چالش ها، باید در نظر گرفت حفظ خاصیت بازی در روغن حین کار کرد و عدم تمام شدن سریع خاصیت بازی آن بسیار مهمتر از TBN اولیه روغن قبل از کار کرد است، به همین دلیل کلیه استانداردها از جمله API، با استفاده از تست های عملکردی مشابه آنچه قبلاً گفته شد به این موضوع پرداخته اند. هر چند ACEA سختگیرانه تر عمل کرده و برای TBN اولیه روغن نیز محدودیت اعمال کرده است (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱. الزام TBN در استاندارد ACEA	
ACEA Class (2016)	Minimum TBN (ASTM D2896) mg KOH/g
A3/B3, A5/B5	8.0
A3/B4	10
C1, and C2	n/a
C3, C4, C5	6.0
E4	12
E6, E9	7
E7	9.0

افزودنی در فرمولاسیون روغن نهایی برای رسیدن به TBN مورد نظر بکار گرفته شده اند. برای مثال سولفونات های فوق بازی به راحتی TBN را بالا می برند در حالیکه هم اسیدهای قوی مخرب و هم اسیدهای ضعیفی را که آثار مخربی کمی دارند خنثی می کنند بنابراین بافر قلیایی آنها به سرعت تمام می شود. علاوه بر این، سولفونات های فوق بازی، در مشخصه پاک کنندگی ضعیف تر هستند در حالیکه این عملکرد با استفاده از سولفونات های پلیمری با اثر بازی کمتر و یا مواد افزودنی معلق کننده بدون خاکستر که تاثیر کمتری در بالا بردن TBN دارند محقق می شود. زمانی که بخشی از پاک کننده های کلسیمی با پاک کننده های سدیمی جایگزین شود ریسک پدیده احتراق زودرس در دور پایین (LSPI) کاهش می یابد. خاصیت قلیایی قوی تر در پاک کننده های سدیمی به نحوی است که تاثیر مطلوب تری در جذب آلودگی های سوخت های بایو دارد، به هر حال ایجاد یک فرمول بهینه، نیازمند تجربه بالایی است به نحوی که مشخصات مورد نیاز با کمترین هزینه پوشش داده شود.

میزان TBN در استانداردهای بین المللی

نظام طبقه بندی روغن موتور API، به صورت واضح میزان TBN را مشخص نکرده است اما به جای آن آزمون زنگ زدگی ساچمه (BRT⁵) را با روش تست ASTM D6557 جهت ارزیابی مشخصات محافظت از خوردگی روغن جایگزین کرده است. دلیل این امر تاحدی

زمانیکه از گازوئیل با میزان گوگرد بالا استفاده می شود میزان TBN توصیه شده برای ACEA E4 و E7 و همچنین API CH-4 و CI-4 از ۱۲ تا ۱۵ توصیه می شود



آزمایشگاهی ساده چند دقیقه ای تا تست های اکسیداسیون پیچیده و گران قیمتی که توسط خودرو سازها انجام می شود و ممکن است دو تا سه سال به طول انجامد متغیر است.

در تست Sequence IIH، میزان اکسیداسیون از طریق افزایش ویسکوزیته روغن تعیین می شود در حالیکه در تست Mack-T 13 که ۳۶۰ ساعت به طول می انجامد و نیاز به ۲۰ گالن (حدود ۷۶ کیلوگرم) روغن دارد میزان اکسیداسیون علاوه بر تغییر در ویسکوزیته روغن، از طریق افزایش میزان ترکیبات حاصل از اکسیداسیون نیز بررسی می شود که به روش اسپکتروسکوپی مادون قرمز صورت می گیرد. در هر حال کلیه این روش ها چه از نظر زمانی و چه هزینه، به صرفه تر از عملیات واقعی موتور هستند و به همین دلیل برای اطمینان از اینکه خاصیت محافظت کنندگی روغن به خوبی صورت می گیرد پوشش این آزمون ها ضروری است.

گرما، رطوبت و آلودگی هایی که نقش کاتالیست را بازی می کنند مهمترین عوامل ایجاد اکسیداسیون در روانکارها هستند که بسته به نوع روانکار و شرایط عملیاتی، تاثیر این مشخصه ها کم و زیاد می شود. بطور مثال در روغن موتورهای دیزلی، حرارت و رطوبت مشخصه های کم اهمیت تری محسوب می شوند در حالیکه آلودگی های ناشی از EGR ها فاکتور پراهمیتی است که در واکنش با ترکیبات اکسیژن-نیترژن ها (NOX) تشکیل اسید نیتریک می دهند. همانطور که پیشتر نیز گفته شده این اسید در مقایسه با اسید سولفوریک، اسید ضعیف تری محسوب می شود و به همین دلیل است که برای پایش روغن موتورهای جدید، لازم است میزان افزایش اکسیداسیون آن مورد توجه قرار گیرد نه میزان کاهش TBN.

نتیجه گیری:

در موتورهای جدید که از سوخت با گوگرد زیاد استفاده نمی شود اسیدهای قوی کمتری که با عوامل قلیایی روغن موتور واکنش دهند ایجاد می شود. در واقع اسیدهای تشکیل شده عمدتاً اسیدهای ضعیف آلی هستند. در این موتورها، مواد بازی موجود در روغن موتور با آب میعان شده ناشی از گاز اگزوز بازگردانده شده در گیر می شود و در نتیجه نمی تواند اسیدهای ضعیف را خنثی کند. اما در موتورهای با سوخت گوگرد بالا، اسیدهای قوی تشکیل شده (اسید سولفوریک) بلافاصله با مایسل های درجنت واکنش داده و خنثی می شوند، از اینرو، رابطه بین TBN و TAN در موتورهای با سوخت ULSD مانند گذشته کارآمد نیست. در این موتورها، گوگرد دیگر نقشی در تشکیل اسید سولفوریک ندارد. میزان گوگرد موجود در سوخت ULSD (کمتر از ۱۵ ppm) نقش عامل ضد اکسیدانت را ایفا می کند و به همین دلیل نیاز به بالابردن TBN روغن موتورهای مربوطه نیست.

دستورالعمل میزان TBN روغن های موتور دیزلی سنگین

زمانیکه از گازوئیل با میزان گوگرد بالا استفاده می شود میزان TBN توصیه شده برای ACEA E4 و ACEA E7 و همچنین API CH-4 و API CI-4 حدود ۱۲ تا ۱۵ توصیه شده است. به عبارتی زمانیکه مجبور به استفاده از سوخت با کیفیت پایین هستی تفاوتی نمی کند موتور دیزلی شما جدید است یا قدیمی، طبیعتاً باید از بین "طول عمر بیشتر موتور" و "محافظت از سیستم After-Treatment اگزوز"، گزینه اول را انتخاب کرده و در نتیجه از روغن با TBN بالا استفاده کنید. به همین دلیل است که به کار بردن روغن های با سطوح کارایی API CJ-4 به بالا در موتورهای دیزل جدیدی که از گازوئیل ایران استفاده می کنند توصیه نمی شود. در موتورهای دیزلی جدید EGR^۶ یا همان سیستم های باز چرخانی گاز اگزوز که دارای سیستم SCR^۷ و فیلترهای کاهش ذرات آلاینده هستند و از گازوئیل با میزان گوگرد کم استفاده می کنند میزان TBN توصیه شده، بین ۷ تا ۹ می باشد. سطوح کارایی E9، ACEA E6، و همچنین CJ-4، CK-4، و FA-4 مطابق مصرف در این شرایط هستند.

TBN در موتورهای با تکنولوژی جدید

در حال حاضر تقریباً کلیه سوخت های خودروهای دیزلی در اروپا و آمریکا حاوی گوگرد بسیار کم هستند تا کمترین تاثیر را در انتشار گازهای آلاینده داشته باشند. این تغییرات موجب ایجاد الزامات جدیدی هم برای روغن موتور و هم ارزیابی عمر مفید روغن شده است.

عدد اسیدی و عدد بازی همواره عوامل کلیدی در ارزیابی روغن موتور محسوب می شدند اما با روی کار آمدن سوخت های با میزان گوگرد پایین (ULSD^۸)، این دو مشخصه فاکتورهای قابل اطمینانی برای پایش سلامت روغن نیستند. زیرا در شرایط جدید، نوع اسیدهای تشکیل شده در روغن کار کرده تغییر می کند. در خوردوهای قدیمی از سوخت با گوگرد بالا استفاده می شد بنابراین اسیدهای تولیدی در واقع اسیدهایی قوی مانند اسید سولفوریک بودند در حالیکه در خوردوهای جدید با سوخت سولفور پایین، اغلب اسیدهای آلی ضعیف از جمله اسید

استیک، اسید نیتریک و اسید فرمیک تشکیل می شود. قدرت این اسیدها در حدی نیست که بتوانند با استفاده از افزودنی های پاک کننده خنثی شوند اما به اندازه ای است که بتوانند به فلزات نرم حمله کنند و موجب سایش های خورنده در آلیاژ لچیم شوند. بنابراین لازم است روش های دیگری برای ارزیابی روغن کار کرده در نظر گرفت که از جمله آنها می توان به بررسی ترکیبات ناشی از اکسیداسیون و نیتراسیون با استفاده از روش آزمون طیف سنجی FTIR اشاره کرد. اطلاعات حاصل از این آزمون، به خوبی، ایجاد اسیدهای ضعیف را نشان می دهد و در نتیجه پیش بینی خوبی برای بررسی عمر مفید باقیمانده روغن است.

نکته دیگر این است که موتورهای جدید در دمای بالاتری نسبت به موتورهای قدیمی کار می کنند بنابراین روغن موتور بیش از قبل در معرض اکسیداسیون و نیتراسیون است به همین دلیل تولید کنندگان روغن موتورهای دیزلی سنگین، بیش از هر چیز نگران اکسیداسیون بالا، افزایش غیرقابل قبول ویسکوزیته روانکار و افزایش سایش و خوردگی قطعات فلزی هستند. در آمریکای شمالی بررسی میزان عدد اسیدی و میزان اکسیداسیون در حال حاضر متداول تر از اندازه گیری TBN برای ارزیابی عمر روغن حین کار کرد است. در صورتیکه عدد اسیدی بالا باشد به این مفهوم نیست که روغن اسیدی شده است. افزایش عدد اسیدی در اثر ایجاد ترکیبات ناشی از واکنشهای اکسیداسیون و تخریب روغن رخ می دهد. نتایج آزمون اکسیداسیون، پارامتر قابل اعتمادی است که می تواند به عنوان یک آزمون مکمل برای دیگر آزمون هایی که عمر روغن موتور را بررسی می کنند مورد استفاده قرار گیرد.

روش های زیادی برای اندازه گیری اکسیداسیون روغن وجود دارد که از پنج تست های



گرافیت؛ مهم‌ترین روانکار جامد



مقدمه

در فصل‌نامه بهار ۱۳۹۶ از روانکارهای جامد سخن گفتیم و به طور مفصل در خصوص انواع، موارد استفاده و ویژگی‌های آنها بحث گردید. گسترده‌گی استفاده از روانکارهای جامد و استفاده از آنها در کاربردهای متنوع ما را بر آن داشت که با نگاه جزئی‌تر و دقیق‌تر به ادامه بحث بپردازیم. بر همین اساس در مقاله پیش رو گرافیت به عنوان مرسوم‌ترین و مهم‌ترین روانکار جامد مورد استفاده در روغن‌ها و گریس‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

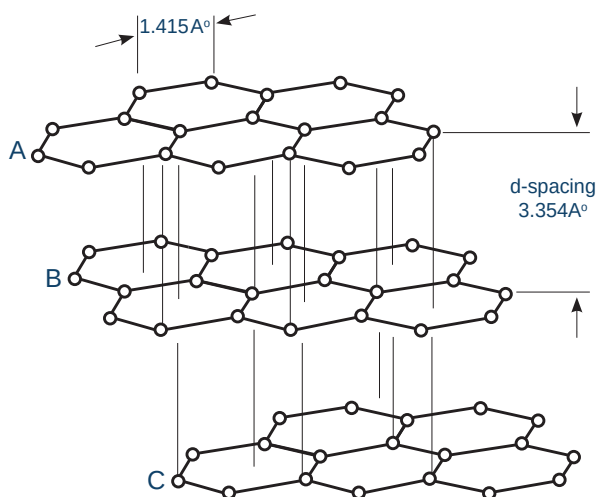
معرفی

گرافیت یکی از سه فرم آلوتروپی کربن است. دو فرم دیگر الماس و کربن آمورف هستند. در گرافیت اتم‌های کربن با جهت‌گیری شش ضلعی در کنار یکدیگر در یک صفحه قرار دارند. طول پیوند کوتاه بین هر اتم کربن در یک صفحه نتیجه پیوندهای کوالانسی بین اتم‌هاست.



مریم ابراهیمی
مهندس فروش

گرافیت‌های
مخصوص روانکاری
می‌توانند تا دماهای
بسیار بالا حدود
۴۵۰ درجه سانتیگراد
بخوبی عمل روانکاری
را انجام دهند



شکل شماره ۱- ساختار لایه‌ای گرافیت

نیروی واندروالسی ضعیفی صفحات متشکل از کربن‌های شش ضلعی را در کنار یکدیگر نگه می‌دارد تا ساختار شبکه‌ای مانند شکل شماره ۱ ایجاد گردد. در ادامه خواهیم دید این ساختار شبکه‌ای چگونه از گرافیت یک روانکار جامد با خصوصیات کم‌نظیر خواهد ساخت.

جدول شماره ۲ - مقایسه گرافیت طبیعی و سنتزی خصوصیات عمومی گرافیت		
گرافیت سنتزی	گرافیت طبیعی	
فرآیند تشکیل گرافیت در دمای بالا منجر به تشکیل لایه های با خلوص بالا می گردد	به ورقه های گرافیتی آزاد شده از سنگ معدن ، فرآیند خالص سازی و کاربرد هایی که به منظور آن گرافیت استخراج شده تحت فرآیندهای شیمیایی قرار می گیرد، وابسته است	خلوص
به صورت عمده به نوع کک استفاده شده به عنوان ماده اولیه بستگی دارد	به شرایط شکل گیری طبیعی وابسته است	مورفولوژی در مقیاس ماکرو
به فرآیند گرافیتاسیون در دمای بالا و ماده اولیه بستگی دارد	بستگی به شرایط تشکیل طبیعی دارد برای مثال درجه تبلور گرافیت ماکرو کریستالی بسیار زیاد است	درجه تبلور
توسط فرآیند آسیاب کردن و همچنین عملیات پیش-بخت قابل تنظیم است	در حین عملیات آسیاب کردن قابل تنظیم است	شکل و اندازه ذره

گرافیت سنتزی

این نوع گرافیت از کک و قطران نفتی^۵ به فرم کریستال تولید می گردد اما خلوص کریستال طبیعی را ندارد. دو نوع اصلی از گرافیت سنتزی موجود است. نوع اول، الکترو گرافیت است که در فرآیند تشکیل آن، کربن خالص از کک نفتی کلسینه شده در کوره الکتریکی به دست می آید. نوع دوم گرافیت سنتزی، با حرارت دادن قطران نفتی کلسینه شده تا ۲۸۰۰ درجه سانتی گراد به دست می آید. تفاوت گرافیت نوع اول و دوم در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است. هم چنین تفاوت های عمده گرافیت طبیعی و سنتزی در جدول شماره ۲ قابل مقایسه است. خصوصیات منحصر به فرد گرافیت این ماده را به عنوان یک روانکار جامد قابل استفاده می سازد:

۱) این ماده خاکستری رنگ و مات بسیار نرم و لغزنده است که این نرمی و لغزندگی به گرافیت اثر روانکاری عالی می بخشد.

۲) گرافیت یکی از بی اثرترین مواد است که از پایداری شیمیایی بسیار خوبی برخوردار است. تقریباً با تمام محلولهای آلی یا معرفهای شیمیایی خورنده واکنش نشان نمی دهد. بنابراین می تواند ویژگی های خود را هنگام تماس با محلول ها، روغن ها، لاستیک های روغنی، رزین ها و فلزات حفظ کند.

۳) گرافیت یک ماده غیر فلزی با دمای ذوب بسیار بالا است، اما برخی از مشخصات فلزات را دارد. این ماده قادر است الکتریسیته را مانند بسیاری از فلزات هدایت کند و رسانایی گرمایی

منابع موجود گرافیت

گرافیت به انواع بسیار متنوعی وجود دارد که از منابع متفاوت به دست می آید. انواع مختلف گرافیت ویژگی های متفاوتی دارند که این تفاوت در ویژگی ها باعث می شود گرافیت در کاربردهای گوناگونی مورد استفاده قرار گیرد. در یک دید کلی گرافیت را به دو گروه عمده طبیعی و سنتزی تقسیم بندی می نمایند که در ادامه به معرفی آنها می پردازیم.

گرافیت طبیعی

در تمام دنیا گرافیت طبیعی^۱ از عملیات استخراج از معادن زمینی به دست می آید. سنگ معدن مورد فرآوری قرار گرفته و گرافیت طبیعی با درجات خلوص مختلف حاصل می شود. بسته به عملیات فرآوری مختلفی که بر روی سنگ معدن صورت می گیرد گرافیت طبیعی با درجات خلوص متفاوت حاصل می گردد. گرافیت طبیعی که با خلوص بالا تهیه می شود می تواند برای مصارف روانکاری مورد استفاده قرار گیرد. دلیل این امر درجه بالای کریستالیزاسیون در ساختار گرافیت طبیعی است. گرافیت طبیعی به سه دسته زیر تقسیم می گردد:

Flake Graphite / گرافیت پولکی

این نوع گرافیت شامل ۵-۴۰ درصد کربن بوده و در اغلب نقاط جهان یافت می شود

Crystalline Graphite / گرافیت کریستالی

گرافیت کریستالی خلوص بیش از ۹۰ درصد دارد و به صورت تجاری در سریلانکا استخراج می گردد.

Cryptocrystalline Graphite / گرافیت ریز کریستال

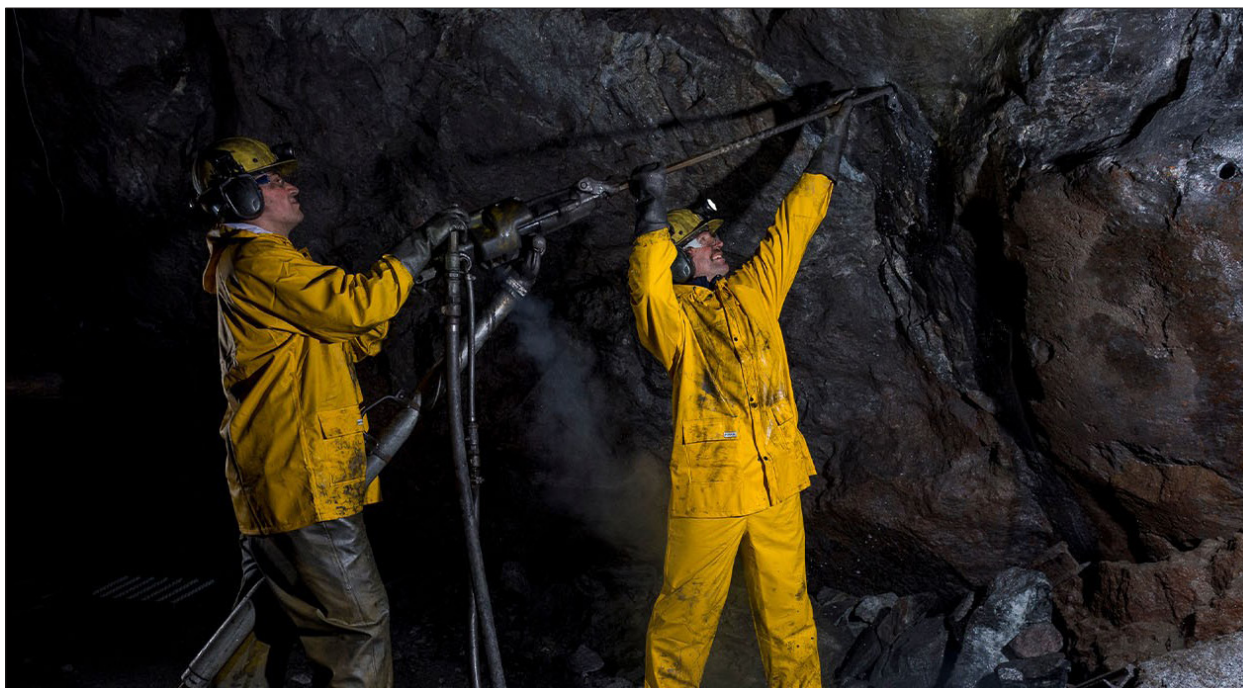
کمترین فراوانی گرافیت طبیعی مربوط به این دسته است که خلوص ۲۵-۸۵ درصد را داراست و در مکزیک، کره شمالی و جنوبی و اتریش یافت می گردد.

باید توجه داشت گرافیت طبیعی با کیفیت پایین نیز وجود دارد و در اغلب موارد، انواع گرافیت طبیعی با درجه خلوص پایین به بازار عرضه می شوند که برای کاربردهایی غیر از روانکاری مورد استفاده دارند. این نوع گرافیت طبیعی دارای ساختاری بی شکل (آمورف^۲)، میزان درصد کربن^۳ پایین و حاوی درصد بالایی از خاکستر^۴ می باشد. خاکستر مربوطه نیز عمدتاً اکسیدهای سیلیس و آهن هستند که ترکیبات ساینده ای محسوب می شوند و برای کاربرد در روانکاری به هیچ وجه مناسب نیستند.

جدول شماره ۱ - مشخصات گرافیت نوع اول و دوم

Synthetic Graphite		
Typical Values		
-	Primary	Secondary
%Carbon	99.9	99.9
%Sulfur	Trace	0.01
%SiO ₂	0.02	0.05
%Ash	0.1	0.1

از مهمترین عوامل تعیین کننده و مهم در خواص روانکاری گرافیت می توان به درجه تبلور، اندازه متوسط ذرات، شکل و حالت ذرات و نهایتاً درصد خلوص اشاره نمود



گرافیت طبیعی از عملیات استخراج سنگ معدن از معادن زمینی بدست می‌آید.

ملکول‌های آب باعث می‌شود انرژی اتصال بین صفحات شش ضلعی گرافیت از انرژی چسبندگی بین سطح مورد روانکاری و گرافیت کمتر شود و این امر باعث تقویت خاصیت روانکاری گرافیت می‌شود. با توجه به نیاز گرافیت به وجود ملکولهای آب جهت روانکاری، گرافیت به عنوان روان کننده جامد در محیط خشک یا خلا مناسب نیست.

از سوی دیگر، در شرایط و محیط‌های اکسید کننده قوی، گرافیت می‌تواند در حالیکه دما تا ۴۵۰ درجه سانتیگراد بطور ثابت بالا باقی بماند به کار روانکاری ادامه دهد و حتی قادر است افزایش دمای موقت تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد را نیز تحمل نماید.

از مهمترین عوامل تعیین کننده و مهم در خواص روانکاری گرافیت می‌توان به درجه تبلور، اندازه متوسط ذرات، شکل و حالت ذرات و نهایتاً درصد خلوص اشاره نمود.

درجه تبلور در انواع گرافیت‌ها یکسان نیست و بطور کلی هرچه میزان کریستالیزاسیون یا تبلور گرافیت بیشتر باشد خواص روانکاری بهتری را شاهد خواهیم بود.

● **ناخالصی‌ها:** معمولاً ناخالصی‌هایی نظیر اکسید آهن، کوارتز و کلسیت در گرافیت وجود دارند. هرچه میزان این ناخالصی‌ها کمتر باشد، میزان سایش احتمالی حاصل از ذرات ناخالصی کمتر خواهد بود.

● **اندازه ذرات:** به عنوان یک قانون کلی در حالتی که اندازه متوسط ذرات گرافیت در محدوده ۵ تا ۱۰ میکرون قرار بگیرد، گرافیت مربوطه خواص روانکاری مناسبی خواهد داشت و به نوبت رضایت بخشی از سایش سطوح در گیر جلوگیری خواهد نمود. هنگامی که اندازه متوسط ذرات گرافیت بالاتر از ۱۵ میکرون باشد میزان نرخ سایش و اصطکاک به دلیل درگیری ذرات گرافیت با سطوح، بالاتر می‌رود و از سوی دیگر اگر اندازه متوسط ذرات حدود یک میکرون باشد ذرات گرافیت آنقدر کوچک می‌شوند که دیگر قادر به ایجاد یک لایه مقاوم بین سطوح در گیر نیستند و لذا نرخ سایش افزایش خواهد یافت.

گرافیت‌هایی که ویژه روانکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند به شکل پودری هستند اما این پودرها که در ظاهر بطور چشمی تفاوتی ندارند در مقیاس میکروسکوپی دارای ضخامت و شکل ظاهری متفاوتی هستند

بالایی را از خود نشان دهد. لذا وقتی از گرافیت به عنوان روانکار استفاده می‌شود، انتقال حرارت ایجاد شده بین سطوح لغزنده لایه‌های گرافیت به آسانی صورت گرفته و مانع از افزایش دمای سطوح خواهد شد. بعلاوه مقاومت الکتریکی گرافیت بالاتر از فلزات است.

۴ گرافیت ضریب انبساط حرارتی خطی بسیار کمی دارد. بنابراین وقتی از آن به عنوان روانکار در دماهای خیلی بالا استفاده می‌شود می‌تواند در برابر شوک حرارتی مقاومت کند.

روانکاری گرافیت

ساختار لایه ای گرافیت آن را تبدیل به ماده‌ای ایده آل برای کاهش اصطکاک می‌کند.

برای جلوگیری از تماس مستقیم فلزات و بروز چسبندگی و خراش، می‌توان از گرافیت جامد در سطح تماس استفاده کرد. وقتی فیلم روانکار به دلیل سایش از بین می‌رود یا پاره می‌شود، می‌توان به طور مداوم از روانکار جامد گرافیت استفاده کرد تا فیلم روانکار دست نخورده باقی بماند و روانکاری را به طور کامل انجام دهد.

بخار آب موجود در هوا یکی از اجزای لازم برای روانکاری بهتر گرافیت است. روانکاری گرافیت تحت تأثیر فشار بخار آب قرار می‌گیرد. هرچه فشار بیشتر باشد، نرخ سایش کمتر است. جذب

تأثیر شکل و فرم ذرات

گرافیت‌هایی که ویژه روانکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند به شکل پودری هستند اما این پودرها که در ظاهر بطور چشمی تفاوتی ندارند در مقیاس میکروسکوپی دارای ضخامت و شکل ظاهری متفاوتی هستند. شکل ذرات و فرم ظاهری گرافیت‌ها را با استفاده از انواع دستگاه‌ها و تجهیزات خردکن که شامل انواع آسیاب‌ها می‌شود (مانند Ball mill، Hammer mill و Jet pulverizer) به صورت محصول نهایی در می‌آورند. ذرات گرافیت کروی شکل خواص شکل‌پذیری بهتری دارند و این یک مزیت محسوب می‌شود ولی باید توجه داشت ذرات پولکی شکل نیز خاصیت چسبندگی بهتری روی سطحی که روانکاری می‌شود به دست می‌دهند. لذا ترکیبی از این دو فرم ظاهری گرافیت می‌تواند بهترین عملکرد را داشته باشند.

فشار محیط کار کرد

اگر فشار گاز محیطی که گرافیت در حال روانکاری است افزایش یابد میزان گاز جذب شده توسط گرافیت افزایش می‌یابد و در نتیجه خواص ضدسایش بهتری را خواهیم داشت. هر چه اندازه ذرات گرافیت کوچکتر باشند، فشار گاز محیط تأثیر بیشتری روی خاصیت روانکاری آنها خواهد داشت.

دمای کار کرد

گرافیت‌های مخصوص روانکاری می‌توانند تادماهای بسیار بالا تا حدود ۴۵۰ درجه سانتیگراد بخوبی عمل روانکاری را انجام دهند. وضع شکل و فرمت ظاهری ذرات گرافیت تأثیری بر دمای عملکرد آن ندارد. با استفاده از ترکیبات خاص ضد اکسیداسیون، می‌توان از گرافیت برای روانکاری تا دمای ۷۰۰ درجه سانتیگراد نیز استفاده نمود.

سرعت سطوح و میزان بار گذاری

با افزایش سرعت سطوح اصطکاکی و میزان بار وارده بر آن‌ها، دمای لایه روانکاری گرافیت بالاتر می‌رود. با افزایش دما بدیهی است که گرافیت مقداری از بخار آب یا گازهای جذب شده را از دست خواهد داد و این باعث کاهش قدرت روانکاری می‌شود.

کاربرد گرافیت در روغن‌ها و گریس‌ها

معمولاً برای بالا بردن توانایی و قابلیت روانکاری روغن‌ها یا گریس‌های روانکار، از گرافیت به عنوان یک ماده افزودنی استفاده می‌کنند. استفاده از گرافیت در روغن‌ها و گریس‌ها می‌تواند میزان تحمل بار را افزایش دهد و در شرایط روانکاری در لایه مرزی، تأثیر مفیدی به استحکام فیلم لایه روانکار بگذارد. ضمناً گرافیت تأثیر مهمی در حداکثر دمای قابل تحمل روغن‌ها و گریس‌ها دارد. معمولاً از گرافیت برای تولید انواع محصولات روانکاری که قطعات مکانیکی تحت فشار کاری سنگین را روانکاری می‌کنند استفاده می‌گردد. از جمله دنده‌های رولاز، کوره‌های سیمان، ریل قطار، زنجیرهای انتقال مواد به کوره‌ها، عملیات فورج گرم و امثال آنها. همچنین از گرافیت در فرمولاسیون ساخت انواع محصولات آنتی-سئیز^۶ (محصولات ضد جوش خوردگی رزوه‌ها^۸ در کاربردهای خاص که فشار و دمای کاری روانکار خیلی بالاست نیز استفاده می‌شود. در اینجا نقش گرافیت بسیار مهم است چون روغن روانکار در اثر فشار زیاد از لابلای رزوه‌ها خارج می‌شود^۹ و این ذرات گرافیت هستند که به عنوان روانکار اصلی از جوش خوردگی لبه‌های تیز فلزات به یکدیگر ممانعت می‌کنند. (شکل شماره ۲)

ترکیبات آنتی-سئیز معمولاً با برس‌های مخصوص روی سطوح رزوه‌ها (شیارهای مارپیچ) آغشته می‌شوند. همچنین استفاده از پودر گرافیت در ساخت گریس‌های لیتیومی، لیتیم کمپلکس و آلومینیوم کمپلکس بسیار مرسوم است. یکی از پرکاربردترین این موارد گریس‌های لیتیومی گرافیت‌مورد



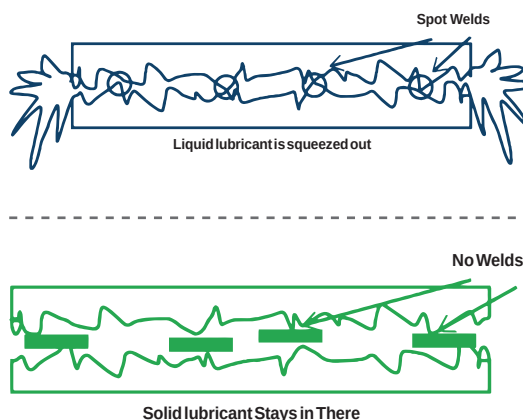
استفاده از گریس‌های لیتیومی گرافیت دار در مصارف صنعتی که یا تا قانها تحت فشار کاری زیاد قرار دارند بسیار مرسوم است.

استفاده در بلبرینگ^۹ چرخ خودروهای سنگین و ماشین آلات راهسازی و معدن هستند.

نتیجه گیری

گرافیت ویژه روانکاری، پرکاربردترین ماده روانکار جامد در جهان است. این ماده در انواع روغنها و گریسها به عنوان ماده افزودنی افزایش خاصیت فشارپذیری مورد استفاده قرار می گیرد. ویژگی های درجه کریستالیزاسیون، درجه خلوص و اندازه و شکل ذرات گرافیت از مهمترین ویژگیهایی هستند که در عملکرد گرافیت به عنوان روانکار باید مورد توجه قرار گیرند.

معمولاً برای دستیابی به ضریب اصطکاک پایین تر و استحکام بالاتر فیلم روانکاری بین سطوحی که در دما و فشارهای بالا کار می کنند گرافیت مرسوم ترین ماده افزودنی می باشد. لازم به ذکر است که گرافیت در محصولات روانکار (مانند گریسهای گرافیتی) باید حتماً به همراه مواد افزودنی دیگر مانند مواد ضدسایش و افزایشنده های خاصیت فشارپذیری مورد استفاده قرار گیرد.



شکل شماره ۲۰. باقی ماندن ذرات گرافیت در هنگام خارج شدن روغن پایه از بین سطوح



گریس گرافیت دار در دنده های ماشین آلات سنگین که تحت فشارکاری بالا قرار دارند مورد استفاده قرار می گیرد.



گریس گرافیت دار مورد استفاده در روانکاری یاتا قانها در صنایع فولاد و ذوب آهن



گریس گرافیت دار محافظ سایش چرخ در راه آهن



برای بررسی مقاومت روغن موتور در برابر اکسیداسیون، روش های متنوع آزمایشگاهی و موتوری طراحی شده اند. در این مقاله ارزیابی های روش آزمایشگاهی TEOST باروش موتوری Sequence IIIIG مورد مقایسه قرار گرفته اند.

T
E
O
S
T

OXIDATION
STABILITY

تعیین مشخصات رسوبات آزمون TEOST و مقایسه آنها با رسوبات تشکیل شده در پیستون های Sequence IIIG

مقدمه:

در موتورهای احتراق داخلی در نشیمنگاه رینگ پیستون و همچنین در توربوشاژر، روغن موتور در معرض درجه حرارت بالایی قرار دارد که این امر منجر به تشکیل رسوب می شود. این رسوبات می توانند عملکرد صحیح موتور و توربوشاژر را مختل کنند [۱۳ و ۱]. بنابراین توانایی روغن موتور در جلوگیری از تشکیل رسوب، مشخصه عملکردی مهمی محسوب می شود. آزمون موتوری Sequence IIIG و همچنین آزمون های TEOST 33 به روش ASTM D6335 و TEOST MHT به روش ASTM D7097، به منظور اندازه گیری قابلیت روغن موتور در جلوگیری از تشکیل رسوب طراحی شده اند.

در آزمون TEOST 33 روغن در معرض دمای ۴۸۰ درجه سانتیگراد است و تشکیل رسوب در توربوشاژرها را شبیه سازی می کند [۱۲ و ۹]. تحقیقات قبلی نشان می دهد که رسوبات TEOST 33 ناشی از افزودنی های آلی فلزی در روغن موتور مانند درجنت های فوق اشباع و همچنین ترکیبات ضدسایش مانند ZDDP [۱۲ و ۱۰]. علاوه بر این، نوع روغن پایه نیز می تواند تاثیر اندکی بر تشکیل رسوب داشته باشد [۱۲]. از طرف دیگر در آزمون TEOST MHT حداکثر دمایی که روغن موتور با آن مواجه می شود ۲۸۵ درجه سانتیگراد است که تشکیل رسوب در تست موتوری TU3MH را شبیه سازی می کند. [۱۱] رسوبات TEOST MHT نسبت به TEOST 33 دارای کربن بیشتری هستند و این موضوع نشان دهنده این است که روغن پایه ای که در فرموله کردن روغن موتور استفاده می شود نقش بسزایی در ایجاد رسوبات TEOST MHT دارد.



در الزامات استاندارد ILSAC¹ برای روغن موتورهای سواری، آزمون موتوری Sequence IIIG به علاوه دو نسخه از آزمون شبیه سازی اکسیداسیون حرارتی روغن موتور یعنی (TEOST²) به عنوان تست هایی به منظور تعیین توانایی روغن های موتور در کنترل رسوبات موتور، تعریف شده اند. آزمون های Sequence IIIG و TEOST MHT به منظور ارزیابی توانایی روانکارها در کنترل رسوبات پیستون و آزمون TEOST 33 به منظور ارزیابی توانایی روانکارها در کنترل رسوبات توربوشاژر طراحی شده اند. رسوبات پیستون Sequence IIIG حاوی مقدار قابل توجهی از ترکیبات کربنی هستند که این مواد در قسمت هایی از پیستون که دمای بالاتری دارند، بیشتر است. البته به نظر می رسد این رسوبات کربنی بیشتر ناشی از سوخت مورد استفاده در آزمون Sequence IIIG باشد. در تست TEOST سوخت وجود ندارد، ولی روغن پایه هایی که در فرمولاسیون روغن موتورها استفاده می شوند نیز ممکن است منشأ رسوبات کربنی باشند. ضمناً دمای عملکردی در آزمون TEOST 33 بالاتر از TEOST MHT می باشد.

در این مقاله رسوبات ایجاد شده در آزمون TEOST با استفاده از روش هایی که سابقاً برای شناسایی رسوبات پیستون Sequence IIIG به کار گرفته شده است، بررسی می شوند. ساختار این رسوبات ایجاد شده در این دو آزمون با یکدیگر مقایسه و تاثیر دما بر ساختار رسوبات مورد بحث قرار خواهد گرفت. نهایتاً، رابطه بین ساختار روغن پایه و تشکیل رسوب در آزمون TEOST مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.



پریسا احمدی
کارشناس تحقیق و توسعه

دو گروه از روغن
موتورهای سواری
مورد آزمون و
بررسی قرار گرفته
اند. گروه اول
روغن موتورهای
هستند که حاوی
مجموعه ای از مواد
افزودنی آلی فلزی
در روغن پایه گروه
دو بودند. گروه دوم
روغن ها حاوی یک
پکیج افزودنی شامل
تمام افزودنی های
مورد نیاز برای
الزامات ILSAC
GF-4 می باشند.

آزمایش رسوب:

به منظور تولید رسوبات، از TEOST 33 به روش ASTM D6335 و TEOST MHT و روش ASTM D7097 استفاده شد. در هر دو روش آزمون، روغن موتورها قبل از چکه کردن روی میلله آزمایش، پیش-اکسید^۷ می شوند. میلله آزمایش تا دماهای متفاوتی حرارت داده می شود. (برای تست TEOST 33 دما بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد و برای تست TEOST MHT دما بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد). میزان رسوب تشکیل شده روی میلله آزمایش معیاری از تمایل به تشکیل رسوب در روغن موتور است.

آنالیز رسوب:

آنالیز ترموگراویمتری (TGA) بر روی رسوبات TEOST با استفاده از ابزار TGA 2950 TA به منظور تعیین میزان باقی مانده مواد آلی، کربنی و معدنی موجود در رسوبات انجام شد. در تحقیقات قبلی، نمونه های کوچک با سرعت ۱۰ درجه سانتیگراد در دقیقه در حالیکه گاز نیتروژن با سرعت 100CC بر دقیقه در سلول نمونه جریان داشت، حرارت داده می شدند. با رسیدن دمای نمونه به ۵۵۰ درجه سانتیگراد، هوا از سلول نمونه عبور کرده و دمای سلول به ۸۰۰ درجه سانتیگراد رسانده شد. در این مقاله، گاز نیتروژن به دلیل بی اثر بودن بر ساختار رسوبات مورد استفاده قرار گرفت. طیف FT-IR تمام رسوبات با اسپکترومتر Perkin Elmer Spectrum GX برای آنالیز مادون قرمز میکرو (micro-IR) تهیه شد. از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM^۸) متصل به EDS^۹ به منظور کمی کردن و تعیین میزان عناصر روی، کلسیم، فسفر و گوگرد در رسوبات استفاده شد.

نتایج:

تأثیر افزودنی های آلی فلزی بر رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT جدول شماره ۱ میزان رسوبات در آزمون های TEOST 33 و TEOST MHT مربوط به مجموعه روغن هایی با افزودنی های آلی فلزی متفاوت را نشان می دهد.

سابقاً از آنالیز TGA^۴ به منظور تعیین ماهیت آلی، معدنی و کربناتی رسوبات موتور روی پیستون ها استفاده شده است. همچنین اسپکتروسکوپی مادون قرمز برای تعیین مقدار رسوبات اکسیده، نیترا ته و یا حضور گروه های عاملی دیگر به کار گرفته شده است [۹ و ۱۳]. نهایتاً، آنالیز عنصری به منظور تشخیص حضور افزودنی ها در رسوبات پیستون موتور استفاده می گیرد. با استفاده از این تکنیک ها مشخص شد که رسوبات پیستون Sequence IIIG حاوی مقدار قابل توجهی مواد کربنی است و این مواد در بخش هایی از پیستون که در معرض دمای بالاتری هستند بیشتر است. به عبارت دیگر مواد کربنی در رسوبات تاج پیستون نسبت به سطح دوم پیستون بیشتر وجود دارند. علاوه بر این به نظر می رسد مواد کربنی ناشی از سوخت مورد استفاده در آزمون Sequence IIIG باشند. علاوه رسوبات تاج پیستون حاوی مواد معدنی بیشتری نسبت به رسوبات سطح پیستون هستند، که ممکن است مربوط به دمای بالاتر روغن موتور در تاج پیستون نسبت به دومین سطح باشد [۱۳]. در این مقاله نیز همین تکنیک های مشابه (FTIR^۵، TGA و آنالیز عنصری) برای شناسایی رسوبات در آزمون های TEOST 33 و TEOST MHT به کار گرفته شده اند. از آنجایی که در تست های TEOST، سوخت وجود ندارد، لذا منبع مواد کربنی روغن پایه است. بنابراین ارتباط بین ساختار روغن پایه و تشکیل رسوب TEOST مورد بررسی قرار گرفته است.

آزمایشات تجربی:

روغن ها:

دو گروه از روغن موتورهای سواری مورد آزمون و بررسی قرار گرفته اند. گروه اول روغن موتورهایی هستند که حاوی مجموعه ای از مواد افزودنی آلی فلزی در روغن پایه گروه دو بودند. البته این روغن موتورها سایر مواد افزودنی مانند آنتی اکسیدانت، دیسپرنت، دترجنت، ضد سایش و اصلاح کننده اصطکاک تا سطح کارایی ILSAC GF-4 را شامل بودند. گروه دوم روغن ها حاوی یک پکیج افزودنی شامل تمام افزودنی های مورد نیاز برای الزامات ILSAC GF-4 می باشند که با روغن های پایه ای که ویژگی های آنها کاملاً مشخص است ساخته شده اند. مولیبدن در هیچ یک از مجموعه روغن های مورد آزمایش وجود نداشت. از روش GC-MS^۶ برای تعیین ساختار روغن پایه های مورد استفاده در فرمولاسیون مجموعه دوم روغن های مورد آزمایش، استفاده شد. این روش، شناسایی دقیقی از روغن پایه ها شامل مقدار ترکیبات غیرسیکلوپارافین، سیکلوپارافین و مواد آروماتیک را فراهم می سازد. فراریت NOACK مجموعه دوم روغن ها نیز تعیین شد.

سابقاً از آنالیز TGA به منظور تعیین ماهیت آلی، معدنی و کربناتی رسوبات موتور روی پیستون ها استفاده شده است. همچنین اسپکتروسکوپی مادون قرمز برای تعیین مقدار رسوبات اکسیده، نیترا ته و یا حضور گروه های عاملی دیگر به کار گرفته شده است.

4. Thermogravimetric analysis (TGA)

5. Fourier Transform Infrared (FTIR)

6. Gas chromatography-mass spectrometry

7. Pre-Oxidized

8. Scanning Electron Microscope (SEM)

9. Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

جدول شماره ۱- میزان رسوب تشکیل شده ناشی از افزودنی‌های آلی فلزی در آزمون‌های TEOST MHT و TEOST 33

Oil	TEOST 33 mg of deposit	TEOST MHT mg of deposit
A	11.0	27.3
B	11.6	35.6
C	11.8	71.3
D	13.5	63.4
E	13.9	70.9
F	17.8	76.3

جدول شماره ۲ میزان نسبی ترکیبات آلی، معدنی و کربنی موجود در رسوبات تشکیل شده از روغن‌های A-F در آزمون‌های TEOST 33 و TEOST MHT را نشان می‌دهد. رسوبات TEOST 33 عمدتاً ترکیبات معدنی و رسوبات TEOST MHT عمدتاً ترکیبات آلی یا کربنی هستند. از آنجایی که آزمون TEOST 33 دماهای کارکرد بالاتری نسبت به TEOST MHT دارد، ممکن است ترکیبات آلی و کربنی از رسوبات TEOST 33 تخییر شوند. این موضوع، تفاوت ساختاری دو نوع از رسوبات و نیز مقدار کاهش یافته رسوب در تست TEOST 33 را روشن می‌سازد. همان‌طور که قبلاً نیز مشاهده شد، از آنجایی که رسوبات TEOST 33 دارای غلظت بالایی از مواد معدنی است، افزودنی‌های آلی فلزی عامل اصلی این رسوبات هستند. با این حال، افزودنی‌های مختلف آلی فلزی مورد بررسی در این مقاله، تأثیر بسیار کمی بر میزان رسوبات تشکیل شده TEOST 33 داشتند. روغن پایه، منبع ترکیبات آلی و کربنی در رسوبات می‌باشد. بنابراین مقادیر بالای ترکیبات آلی و کربنی در رسوبات TEOST MHT نشان دهنده این است که پایداری روغن پایه بر تشکیل رسوب TEOST MHT تأثیر گذار است.

میزان رسوب تشکیل شده این روغن‌ها در آزمون TEOST 33 نسبت به TEOST MHT کمتر می‌باشد. علاوه بر این، تغییرات بیشتری در میزان رسوبات متشکله در آزمون TEOST MHT (۲۷/۳ میلی گرم برای روغن A در برابر ۷۶/۳ میلی گرم برای روغن F) نسبت به TEOST 33 (۱۱/۰ میلی گرم برای روغن A در برابر ۱۷/۸ میلی گرم برای روغن F) وجود دارد. در نهایت به نظر می‌رسد که بین میزان رسوبات تشکیل شده در این دو آزمون هیچ ارتباطی وجود ندارد. به عنوان مثال، میزان رسوب روغن C در آزمون TEOST 33، فقط ۱۱/۸ میلی گرم است که یکی از کمترین نتایج در این تست می‌باشد، در حالیکه در تست TEOST MHT، میزان رسوب آن ۷۱/۳ میلی گرم بدست آمده که یکی از بالاترین نتایج در این تست است. به منظور درک تفاوت‌ها در تشکیل رسوب دو تست TEOST، اندازه‌گیری TGA بر روی رسوبات متشکل از روغن‌های A-F، صورت گرفت. در آنالیز TGA قبلی، کاهش مقدار نمونه در دمای کمتر از ۵۰۰ درجه سانتیگراد نشان دهنده میزان ترکیبات آلی و در دمای بین ۵۵۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد، نشان دهنده میزان ترکیبات کربنی در رسوب می‌باشد. مقدار باقی مانده در پایان آزمون TGA، نشان دهنده میزان ترکیبات معدنی در رسوب است. [۳ و ۱۳]



جدول شماره ۲- ترکیبات آلی، معدنی و کربنی رسوبات TEOST متشکل از روغن های A-F

Oil	Percent Organic TEOST 33	Percent Carbon TEOST 33	Percent Inorg. TEOST 33	Percent Organic TEOST MHT	Percent Carbon TEOST MHT	Percent Inorg. TEOST MHT
A	16	21	63	50	46	4
B	19	22	59	54	44	2
C	12	21	67	52	46	2
D	14	18	68	56	37	7
E	24	22	54	54	42	4
F	11	16	73	58	40	2

جدول شماره ۳. میزان نسبی عناصر افزودنی (کلسیم، روی، فسفر و گوگرد) در رسوبات TEOST مشخص شده توسط SEM/EDS

Oil	Percent Ca, Zn, P and S in TEOST 33 Deposit	Percent Ca, Zn, P and S in TEOST MHT Deposit
A	84	49
B	89	41
C	63	59
D	86	29
E	47	29
F	51	28

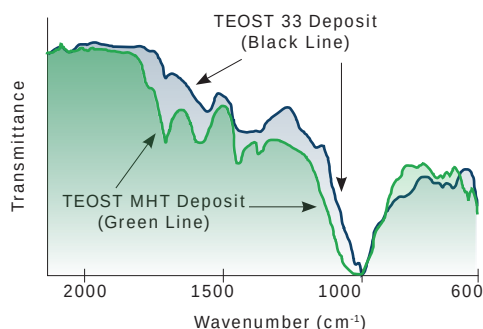
علاوه بر آن، افزودنی های آلی فلزی به کار رفته در روغن های A-F، عملکرد آنتی اکسیدانی نیز دارند. بنابراین تفاوت در نتایج روغن های A-F در تست TEOST MHT به دلیل متفاوت بودن مشخصه آنتی اکسیدانی این افزودنی ها می باشد.

به منظور بررسی بیشتر تاثیر افزودنی های آلی فلزی بر رسوبات TEOST، آنالیز SEM/EDS بر روی رسوبات انجام شد. شکل ۱، تصویر SEM رسوبات تشکیل شده روغن E در تست TEOST 33 به همراه طیف EDS این رسوبات را نشان می دهد. طیف مربوطه، حضور عناصر کلسیم، روی، فسفر و گوگرد در رسوبات را نشان می دهد. این عناصر ناشی از ZDDP و دترجنت فوق بازی کلسیم هستند که در بسته های افزودنی روغن های A-F وجود دارد. مقدار نسبی این چهار عنصر در مقایسه با تمام عناصری که در رسوبات TEOST یافت می شود، با طیف EDS محاسبه می شود.

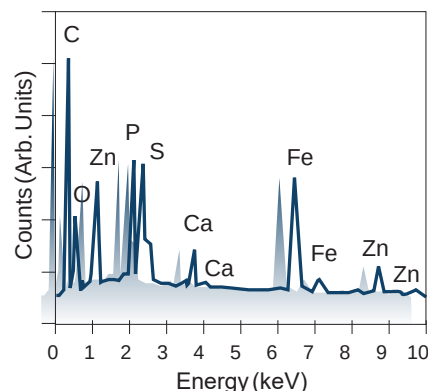
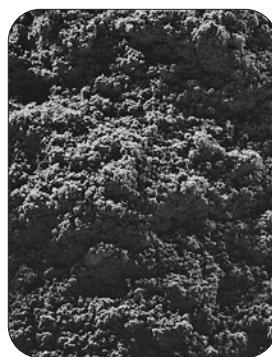
شکل ۲ طیف FTIR رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT مربوط به روغن E را نشان می دهد. سه پیک ارتعاشی در حدود 1050، 1600، 1700 cm^{-1} واقع شده اند.

پیک 1600 cm^{-1} نشان دهنده نیتراسیون ترکیبات آلی است، در حالیکه پیک های 1050 و 1700 cm^{-1} ، اکسیداسیون ترکیبات آلی را نشان می دهد. پیک های 1600 و 1700 cm^{-1} در طیف رسوبات TEOST MHT شدیدتر از طیف FTIR رسوبات TEOST 33 هستند [۱۶-۱۸]. علاوه بر آن، پیک 1050 cm^{-1} در طیف FTIR رسوب TEOST MHT نسبت به TEOST 33، پهن تر می باشد. این تفاوت ها در طیف FTIR نشان دهنده این است که رسوبات TEOST MHT ترکیبات آلی نیترا ته و اکسید شده بیشتری نسبت به رسوبات TEOST 33 دارند. (تفاوت های مشابه در طیف FTIR رسوبات TEOST مربوط به روغن های دیگر (A, B, C, D, F) نیز مشاهده شد ولی در اینجا مطرح نشده است.)

تاثیر روغن پایه بر رسوبات TEOST MHT



شکل شماره ۲. طیف FTIR رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT حاصله از روغن E



شکل شماره ۱. تصویر SEM و آنالیز EDS رسوب روغن E در آزمون TEOST 33

جدول شماره ۳ مقدار نسبی عناصر کلسیم، روی، فسفر و گوگرد در رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT را که توسط SEM/EDS مشخص شده است، نشان می دهد. رسوبات TEOST 33 حاوی مقادیر بالاتری از عناصر افزودنی ها نسبت به رسوبات TEOST MHT، می باشند. این موضوع، موید نتایج TGA مبنی بر وجود ترکیبات معدنی بیشتر در رسوبات TEOST 33 نسبت به TEOST MHT است. همچنین اشاره به این نکته جالب است که رسوبات TEOST MHT مربوط به روغن های D و F به طور قابل ملاحظه ای عناصر افزودنی کمتری نسبت به رسوبات روغن های A و B دارند. روغن های D و F رسوب بیشتری در مقایسه با روغن های A و B در آزمون TEOST MHT تشکیل می دهند. بنابراین مقادیر کمتر عناصر افزودنی در رسوبات تشکیل شده توسط روغن های D، E و F، نشان دهنده این است که این روغن ها به دلیل افزایش ترکیبات آلی، رسوبات بیشتری تشکیل داده اند. این تفاوت در ساختار رسوبات TEOST MHT مربوط به روغن های D، E و F در مقابل روغن های A و B، در آنالیز TGA مشاهده نمی شود (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۴. میزان رسوبات متشکل از روغن های با روغن پایه های متفاوت در آزمون TEOST MHT

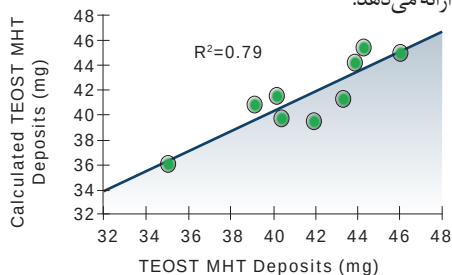
Oil	TEOST MHT mg of deposit	NOACK Volatility	Percent Non Cyclo Paraffins	Percent Cyclo Paraffins	Percent Aromatics in Base Oil
G	46.0	9.8	32.9	65.0	1.36
H	44.2	24.1	33.3	62.0	2.69
I	44.0	16.0	40.8	52.3	1.73
J	43.3	27.0	28.9	66.9	1.91
K	41.9	25.5	30.8	66.5	1.29
L	40.3	14.3	54.7	43.8	0.45
M	40.2	15.0	41.5	67.1	0.92
N	39.1	16.6	37.1	60.8	0.90
O	35.0	40.9	23.4	74.4	1.77

طبق آنالیزهای TGA, SEM/EDS و FTIR بر روی رسوبات TEOST MHT روغن های A-F، این رسوبات عمدتاً هیدروکربن های اکسید شده یا ترکیبات کربنی هستند. روغن پایه، اصلی ترین منبع هیدروکربن در روانکارهاست و ساختار روغن پایه بر پایداری اکسیداسیون تأثیر گذار است. بنابراین تست های TEOST MHT بر روی روغن های G-O که حاوی افزودنی های مشابه و روغن پایه های متفاوت هستند، انجام شد. جدول ۴، نتایج TEOST MHT روغن های G-O، فراریت نواک و جزئیات ساختار روغن پایه های مصرفی در فرمولاسیون روغن های G-O را نشان می دهد. آنالیز رگرسیون چند خطی به منظور برقراری ارتباط بین مقادیر رسوب TEOST MHT با ساختار روغن پایه و فراریت نواک انجام شد. شکل شماره ۳ نشان دهنده بهترین ارتباط است. این ارتباط نشان می دهد که با کاهش مواد آروماتیک کل در روغن پایه و افزایش فراریت نواک، میزان رسوب TEOST کاهش می یابد. کاهش اجزای آروماتیک در روغن پایه باعث بهبود پایداری اکسیداسیون می شود. علاوه بر این، ترکیبات آلی بسیار فرار از رسوبات TEOST خارج می شوند. بنابراین این رابطه، توضیحی منطقی برای کاهش رسوبات TEOST MHT براساس خصوصیات روغن پایه ارائه می دهد.

همچنین، رسوبات تاج پیستون حاوی باقی مانده معدنی بیشتری (۶۲٪ تا ۶۷٪) نسبت به رسوبات سطح پیستون (۴۴٪ تا ۶۱٪) می باشند. جدول شماره ۲ نشان می دهد که رسوبات TEOST 33 حاوی مقادیر قابل مقایسه ای از باقی مانده معدنی (۵۴-۷۳٪) با رسوبات Sequence IIIG هستند. اما، رسوبات TEOST MHT مقدار قابل توجه کمتری از باقی مانده معدنی (۲٪ تا ۷٪) نسبت به رسوبات TEOST 33 و پیستون Sequence IIIG دارند. آنالیز SEM/EDS رسوبات Sequence IIIG و TEOST نشان می دهد که این باقی مانده های معدنی، ناشی از مواد افزودنی روانکار هستند. [۱۳]

شکل های شماره ۴ و ۵، طیف FTIR رسوبات TEOST 33 و TEOST MHT را در مقایسه با طیف رسوبات تاج و سطح پیستون Sequence IIIG نشان می دهد. طبق شکل شماره ۴، رسوبات TEOST 33، ترکیبات آلی اکسید شده کمتری از رسوبات Sequence IIIG دارند (پیک های FTIR در 1700 و 1050 cm⁻¹). میزان اکسیداسیون و نیتراسیون رسوبات TEOST MHT بیشتر از رسوبات Sequence IIIG قابل مقایسه است (شکل شماره ۵).

مواد آلی و کربنی اکسید شده در آزمایش های Sequence IIIG مربوط به نوع سوخت و روغن پایه می باشند. روی تاج پیستون مواد کربنی بیشتری وجود دارد، زیرا تاج نسبت به سطح پیستون در معرض سوخت بیشتری است. علاوه بر این، دمای بالاتر تاج باعث تبدیل مواد آلی بیشتری به ترکیبات کربنی می شود. ممکن است ترکیبات آلی و کربنی نیز از رسوبات Sequence IIIG تبخیر شده و منجر به افزایش مقدار نسبی ترکیبات معدنی در این رسوبات شود. روغن پایه منبع اصلی ترکیبات آلی و کربنی اکسید شده در آزمایشات TEOST است. دماهای بالاتر در آزمون TEOST 33 نسبت به TEOST MHT، منجر به تبخیر ترکیبات آلی و کربنی از رسوبات TEOST 33 می شود و در نتیجه مقدار مواد معدنی بیشتری در این رسوبات نسبت به رسوبات TEOST MHT، حاصل می شود. طیف FTIR در شکل ۲ نیز نشان دهنده وجود هیدروکربن های اکسید شده کمتر در رسوبات TEOST 33 است که موید از بین رفتن ترکیبات آلی می باشد. از آنجا که در رسوبات TEOST MHT، مواد آلی اکسید شده بیشتری وجود دارد و منبع اصلی هیدروکربن نیز روغن پایه است، مشخصات روغن پایه باید مستقیماً با نتایج TEOST MHT ارتباط داشته باشد. شکل شماره ۳ نشان می دهد که تشکیل رسوب TEOST MHT، ارتباط مستقیمی با خصوصیات روغن پایه دارد که اهمیت پایداری روغن پایه در جلوگیری از تشکیل رسوب TEOST MHT را تأیید می کند. به طور کلی، روانکارهایی که توانایی انحلال، معلق سازی یا جلوگیری از تشکیل رسوب مواد کربنی حاصل از سوخت بر روی پیستون ها را دارند، در تست های موتور Sequence IIIG عملکرد خوبی خواهند داشت [۱۳]. روانکارهایی با روغن پایه های با پایداری اکسیداسیون بالا یا با مواد افزودنی آنتی اکسیدانت، در آزمون TEOST MHT عملکرد خوبی دارند. نهایتاً، با انتخاب مناسب مواد افزودنی آلی فلزی،



شکل شماره ۳. ارتباط بین میزان رسوبات TEOST MHT و مشخصات روغن پایه

بحث و بررسی

مقایسه رسوبات TEOST و Sequence IIIG

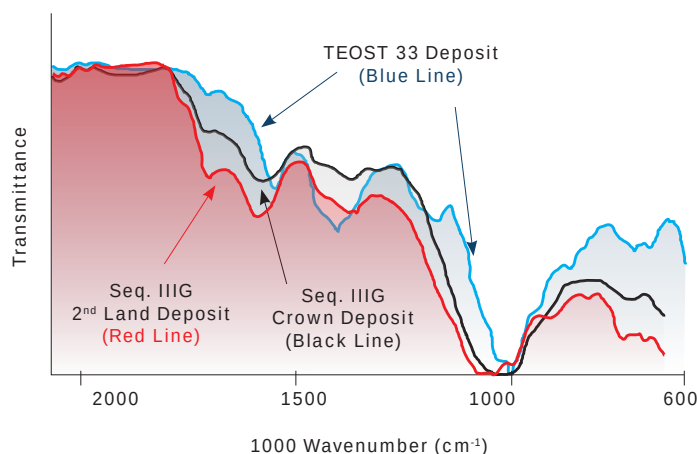
توانایی روانکارها در جلوگیری از تشکیل رسوبات، مشخصه عملکردی مهمی در روغن های موتور سواری می باشد [۱۳-۱۱]. بنابراین تست موتوری Sequence IIIG، TEOST 33 به روش ASTM D6335 و TEOST MHT به روش ASTM D7097، به منظور اندازه گیری توانایی روانکارها در جلوگیری از تشکیل رسوب ایجاد شده اند. با مقایسه ساختار رسوبات تشکیل شده در این سه تست، روانکارهایی با قابلیت جلوگیری از تشکیل رسوب، توسعه داده می شوند. تحقیقات قبلی نشان داده است که رسوبات پیستون

می توان رسوبات TEOST 33 را کاهش داد.

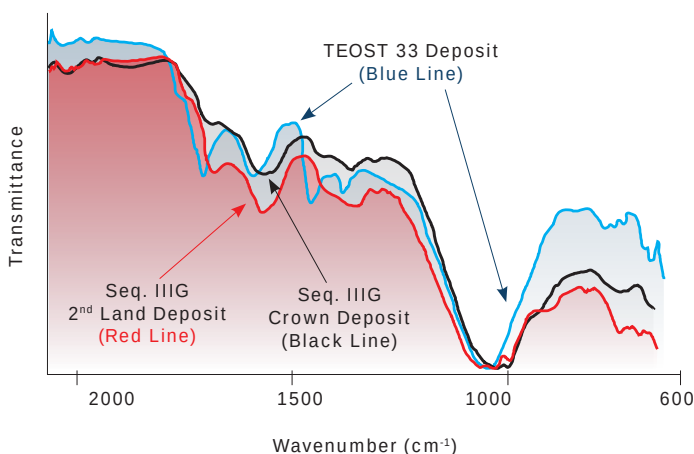
منابع:

1. S.L. Clark, R.M. Olree, P. Lang, C. Leverett and D.H. Bowden, "Development of the Sequence IIIG Engine Oil Certification Test", SAE 2004-01-2987, 2004.
2. L.K. Lakatos, R.N. Jones, S.H. Roby and D.J. Sukys, "Modeling of ASTM Sequence IIIE Piston Ring Land Deposit Formation", SAE 922293, 1992.
3. M.J. Covitch, D.T. Gundic and R.T. Graf, "Microstructure of Carbonaceous Diesel Engine Piston Deposits", Lubrication Engineering 44 (2), 1987.
4. B.L. Papke, P.L. Dahlstrom and K.L. Kreuz, "Surface Characterization of Model Lubricant-Derived Diesel Engine Piston Deposits", Lubrication Engineering 45(9), 1989.
5. J.A. McGeehan, B.J. Fontana and J.D. Kramer, "The Effects of Piston Temperature and Fuel Sulfur on Diesel Engine Piston Deposits", SAE 821216, 1982.
6. J.A. McGeehan and B.J. Fontana, "Effect of Soot on Piston Deposits and Crankcase Oils—Infrared Spectrometric Technique for Analyzing Soot", SAE 801368, 1980.
7. J-S Kim, B-S Min, D-S Lee, D-Y Oh and J-K Choi, "The Characteristics of Carbon Deposit Formation in Piston Top Ring Groove of Gasoline and Diesel Engine", SAE 980526, 1998.
8. K. L. Kreuz, "Gasoline Engine Chemistry as Applied to Lubricant Problems", Lubrication 55(6), p. 53, 1969.
9. D. Florkowski and T.W. Selby "The Development of a Thermo-Oxidation Engine Oil Simulations Test", SAE 932837, 1993.
10. T.W. Selby, J. Richardson and D.W. Florkowski, "Engine Oil Deposits and the TEOST Protocol 33 and Beyond, SAE 962039, 1996.
11. T.W. Selby, "The Development of the TEOST Protocol MHT Bench Test of Engine Oil Piston Deposit Tendency", Proceedings of the 12th International Colloquium Tribology, Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, Germany, January 11-13, 2000.
12. A.J. Stipanovic, J.P. Schoonmaker, E.F. de Paz, J.K. Mowlem, J.E. Broas Jr. and C.Y. Thiel, "Base Oil and Additive Effects in the Thermo-oxidation Engine Oil Simulation Test (TEOST)", SAE 962038, 1996.
13. M. T. Devlin, R. E. Baren, R. M. Sheets, K. McIntosh, T. L. Turner and T-C. Jao, "Characterization of Deposits Formed on Sequence IIIG Pistons", SAE 2005-01-3820, 2005.
14. V.J. Gatto, M.A. Grina, H. T. Ryan, "The Influence of Chemical Structure on the Physical and Performance Properties of Hydrocracked Basestocks and Polyalphaolefins", Proceedings of the 12th International Colloquium Tribology, Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, Germany, January 11-13, 2000.
15. I. Dzidic, H.A. Petersen, P.A. Wadsworth and H.V. Hart, "Townsend Discharge Nitric Oxide Chemical Ionization Gas Chromatography/Mass Spectrometry for Hydrocarbon Analysis of the Middle Distillates", Analytical Chemistry, 64, 2227, 1992.
16. R.M. Silverstein and F.X. Webster, "Spectrometric Identification of Organic Compounds", John Wiley and Sons, Inc., New York, 1998.
17. R.A. Nyquist and R.O. Kagel, "Infrared Spectra of Inorganic Compounds", Academic Press Inc., New York, 1971.
18. Geach, A., "Infrared Analysis as a Tool for Assessing Degradation in Used Engine Oils", www.wearcheck.ca/literature/techdoc/WZA002.htm, 1997.

نتیجه گیری



شکل شماره ۴. طیف FTIR رسوبات TEOST 33 و Sequence IIIG



شکل شماره ۵. طیف FTIR رسوبات TEOST MHT و Sequence IIIG

به دلیل تفاوت در دماهای عملیاتی TEOST 33 و TEOST MHT، ساختار رسوبات تشکیل شده در این آزمون‌ها متفاوت است. ترکیبات آلی و کربنی بیشتری در رسوبات TEOST MHT نسبت به TEOST 33 وجود دارد. ترکیبات آلی در رسوبات TEOST MHT نسبت به رسوبات TEOST 33 بیشتر اکسید می‌شوند. نهایتاً، باقی مانده معدنی بیشتری در TEOST 33 نسبت به رسوبات TEOST MHT وجود دارد که این ترکیبات معدنی ناشی از مواد افزودنی آلی فلزی است. این تفاوت‌های ساختاری در رسوبات TEOST به این معنی است که روش‌های مختلفی به منظور کنترل رسوبات در این آزمون‌ها وجود دارد. رسوبات TEOST MHT را می‌توان با فرموله کردن روانکارها با روغن پایه‌هایی با پایداری اکسیداسیونی بالا یا با مواد افزودنی آنتی اکسیدان کاهش داد. همچنین رسوبات TEOST 33 را می‌توان با انتخاب مناسب مواد افزودنی آلی فلزی کاهش داد.

پلیمرهای HSD برای
اولین بار در اوایل دهه
۱۹۷۰ میلادی به بازار
معرفی شدند. شرکت
Shell و شرکت
Phillips Petroleum
از پیشگامان تولید
این نوع پلیمر بودند.
این پلیمرها علاوه
بر افزایش گرانروی
و شاخص گرانروی،
خواصی مانند جلوگیری
از افزایش گرانروی
ناشی از دوده، تمیز
نگه داشتن پیستون‌ها
و جلوگیری از
رسوب گذاری را نیز در
روغن ایجاد می کردند.

Hydrogenated Styrene Diene Co-polymers

بررسی جامع کوپلیمرهای HSD



امیرحسین تقفی

کارشناس فنی گروه
صنعتی بازرگانی افزون

این مقاله در باب بررسی بالابرنده های شاخص گرانیروی از نوع HSD است. از بالابرنده های گرانیروی ستاره ای رایج در بازار می توان به فراورده های شرکت Infineum با کد تجاری SV مانند SV150 و SV260 اشاره کرد.

۲.۲- تاریخچه پلیمرهای HSD
پلیمرهای HSD برای اولین بار در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی به بازار معرفی شدند. شرکت Shell و شرکت Phillips Petroleum از پیشگامان تولید این نوع پلیمر بودند. این پلیمرها علاوه بر افزایش گرانیروی و شاخص گرانیروی، خواصی مانند جلوگیری از افزایش گرانیروی ناشی از دوده، تمیز نگه داشتن پیستون ها و جلوگیری از رسوب گذاری را نیز در روغن ایجاد می کردند. در سال ۲۰۰۱ میلادی شرکت Infineum پیشنهاد داد که می توان از یک پلیمر کوتاه زنجیر دو بلوکی استایرن و ایزوپرن هیدروژنه شده^۳ به عنوان متفرق کننده^۴ استفاده کرد.

۱- مقدمه

در شماره دهم مجله افزون روان مقاله ای راجع به بررسی و مقایسه شاخص پایداری برشی پلیمرهای ستاره ای ارائه گردید و در آن خواص افزایش گرانیروی ناشی از انحلال پلیمر^۱ و شاخص پایداری برشی^۲ این نوع بالابرنده شاخص گرانیروی و همچنین مقایسه این نوع پلیمر با پلیمرهای OCP مورد بحث و بررسی قرار گرفت. این مقاله به بررسی این پلیمر از سایر جنبه های مشخصات فنی پرداخته است و سعی بر توضیح و بررسی شاخصه های مهم و کلیدی این پلیمر دارد.

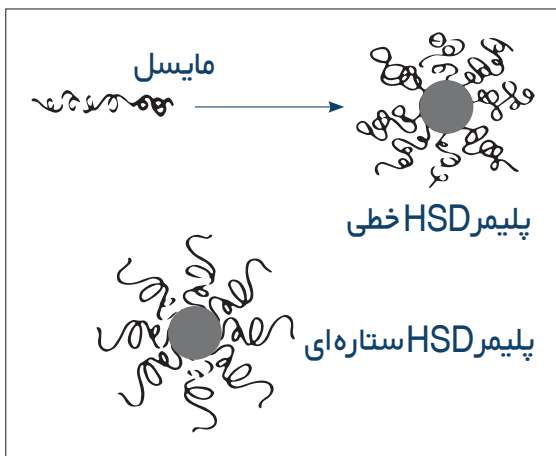
۲- کوپلیمرهای ستاره ای بالابرنده شاخص گرانیروی

۲.۱- بالابرنده های شاخص گرانیروی
روغن های چند درجه ای در اوایل دهه ۱۹۳۰ میلادی وارد بازار شدند. به کمک انحلال پلیمرها در روغن و در نتیجه تغییر خواص رئولوژیکی آن، امکان استفاده از یک روغن واحد در هوای تابستانی و زمستانی میسر شد. بالابرنده های شاخص گرانیروی از نظر ساختار شیمیایی به سه دسته ی زیر تقسیم می شوند.

- پلیمرهای OCP (Olefin Copolymer)
- پلیمرهای PMA (PolyMethacrylate)
- پلیمرهای HSD (Hydrogenated Styrene-Diene Copolymer)



از بالابرنده های
گرانیروی ستاره ای
رایج در بازار می توان
به فراورده های
شرکت Infineum با
کد تجاری SV مانند
SV150 و SV260
اشاره کرد



شکل شماره ۱. پلیمرهای HSD خطی و ستاره‌ای

در نتیجه افت گرانروی دائمی می‌شود. برای بررسی افت موقت گرانروی، آزمون گرانروی HT/HS^۵ طراحی شده است. شاخص پایداری برشی (SSI) عددی بدون بعد است که توسط آزمون ASTM D6278 اندازه‌گیری می‌شود و نشان‌دهنده‌ی افت دائمی گرانروی بر اثر تنش برشی است. شاخص پایداری برشی توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$SSI = \frac{(Vis. \text{ fresh} - Vis. \text{ sheared})}{[Vis. \text{ fresh} - Vis. (\text{base} + \text{package additive})]} \times 100$$

عدد بدست آمده از فرمول بالا به آن معناست که بعد از اعمال تنش روی روغن، چند درصد از گرانروی حاصل از انحلال پلیمر (در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) از بین رفته است. به عنوان مثال اگر SSI یک روغن برابر ۴۰ باشد به این معناست که پس از اعمال تنش، ۴۰ درصد گرانروی حاصل از انحلال پلیمر در روغن از بین رفته است.

هر چه پایداری یک پلیمر در برابر تنش برشی بیشتر باشد، به معنای آن است که عدد شاخص پایداری برشی کوچک‌تر است. اگر واحد تکرار شونده دو پلیمر یکی باشند، هر چه جرم مولکولی زنجیره پلیمر بیشتر باشد، به معنی طولانی‌تر بودن زنجیر است و هر چه زنجیر طولانی‌تر باشد، احتمال ایجاد شکست در پلیمر بیشتر می‌شود. می‌توان اینطور گفت که هر چه جرم مولکولی بیشتر شود، SSI نیز بیشتر می‌شود ($SSI \propto M_w$).

۲.۵- تولید محلول غلیظ از HSD ها

پلیمرهای HSD جامد به صورت دانه‌های ریز و قالب‌گیری شده^۶ به بازار عرضه می‌شوند. به دلیل زمانبر بودن انحلال پلیمرهای HSD در روغن پایه، پیش از استفاده آن در روغن موتور، محلول غلیظ ۵ تا ۲۰ درصد وزنی از آن‌ها تهیه می‌شود. اگر پلیمر مورد نظر به صورت قالبی باشد، ابتدا آن را به قسمت‌های کوچک جهت افزایش سطح تماس پلیمر با روغن و در نتیجه افزایش سرعت انحلال تقسیم می‌کنند. در صورتی که امکان انحلال پلیمر در روغن در حضور گاز

در سال ۲۰۰۶ میلادی شرکت Lubrizol چندین پلیمر کوچک دو بلوکی استایرن- بوتادین هیدروژنه شده با وزن مولکولی بین ۱۰/۰۰۰ گرم بر مول و درصد پلی استایرن بین ۵٪ تا ۴۵٪ تولید کرد که برای جلوگیری از افزایش گرانروی ناشی از دوده بسیار کارآمد بود. پلیمرهای HSD به دو شکل جامد و محلول در بازار عرضه می‌شوند. به این علت که انحلال پلیمر در روغن پایه به دما و زمان زیادی نیاز دارد، معمولاً برای تولید محصول در صنعت به جهت کاهش زمان تولید، از محلول ۵ تا ۲۰ درصد از پیش تهیه شده‌ی پلیمر در روغن پایه معدنی (به دلیل راحت حل شدن این پلیمرها در روغن پایه معدنی) استفاده می‌شود.

۲.۳- انواع HSD ها

پلیمرهای HSD به دو نوع خطی و ستاره‌ای ساخته می‌شوند. نوع خطی HSD ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند تا بعد از حل شدن در روغن، با توجه به ناپذیری بودن روغن پایه، بلوک‌های استایرن چند زنجیر خطی به یکدیگر نزدیک شوند و تشکیل مایسل دهند و شکل ستاره به خود بگیرند. نوع ستاره‌ای به گونه‌ای تولید شده است که هسته ستاره به کمک پیوند شیمیایی شکل گرفته است. جرم مولکولی، ماهیت و ساختار زنجیر پلیمر مستقیماً روی افزایش گرانروی ناشی از انحلال پلیمر و پایداری برشی تأثیر می‌گذارد. (شکل شماره ۱)

۲.۴- افت موقت و دائمی گرانروی

روغن حاوی پلیمرهای بالابرنده شاخص گرانروی، رفتار غیرنیوتونی دارد. سیالات غیرنیوتونی در هر نرخ برش معین، گرانروی معین دارند. همچنین سیالات حاوی پلیمر ممکن است دچار افت موقت گرانروی شوند. با توجه به این که زنجیرهای یک پلیمر بالابرنده گرانروی در حالت محلول در روغن آزادی حرکت دارند، با اعمال تنش، حجم هیدرودینامیکی پلیمر تا یک تنش برشی مشخصی به طور موقت افت می‌کند. افت موقت به این معناست که پلیمر توانایی بازیابی حالت اولیه و تعادلی (رفتار الاستیک) خود را دارد. اگر تنش برشی از آن مقدار بحرانی بیشتر شود، زنجیر دچار شکست و

پلیمرهای HSD به دو نوع خطی و ستاره‌ای ساخته می‌شوند. نوع خطی HSD ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند تا بعد از حل شدن در روغن، با توجه به ناپذیری بودن روغن پایه، بلوک‌های استایرن چند زنجیر خطی به یکدیگر نزدیک شوند و تشکیل مایسل دهند و شکل ستاره به خود بگیرند. نوع ستاره‌ای به گونه‌ای تولید شده است که هسته ستاره به کمک پیوند شیمیایی شکل گرفته است

HSD های دو بلوکی به روش پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز می شوند. پلیمریزاسیون آنیونیک باعث ایجاد منحنی توزیع وزن مولکولی باریک تری می شود. پلیمرهای ستاره ای نیز از به هم چسبیدن HSD های دو بلوکی تشکیل می شوند و در نتیجه با توجه به اینکه وزن مولکولی بازوها (هر بازو توسط پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز شده است و می توان گفت که تمام بازوها مشابه یکدیگرند) و تعداد بازوها (توسط پلی فانکشنال مهندسی می شود) تقریباً در تمام مولکول های آن ها برابر است، پلیمرهای HSD ستاره ای نیز دارای توزیع وزن مولکولی باریکی هستند

صورتی که شاخص پایداری برشی نیز با افزایش جرم مولکولی افزایش می یابد. در پلیمر ستاره ای وزن مولکولی به قدری بالا می رود که بتواند تاثیر خوبی روی گرانیروی بگذارد و در مقایسه با پلیمرهای OCP قابلیت پویایی بیشتری داشته باشد. در نتیجه زنجیرهای پلیمر HSD بهتر از زنجیرهای OCP از تنش های مکانیکی فرار می کنند و شاخص پایداری برشی پایین تری دارند. این امر برای پلیمرهای HSD دو بلوکی بسیار بیشتر از پلیمر HSD ستاره ای و OCP صادق است به گونه ای که بر اثر اعمال تنش، مایسل تشکیل شده توسط زنجیرهای پلیمر پراکنده شده و پس از اتمام تنش اعمالی دوباره مایسل تشکیل می شود. (شکل شماره ۳)

معمولاً از HSD های با SSI کمتر از ۳۰ استفاده می شود. علت این موضوع این است که در HSD هایی که SSI بالای ۳۰ دارند، برتری ناچیزی نسبت به OCP های آمورف دارند و نسبت به OCP های نیمه بلورین با SSI یکسان، ضعیف تر عمل می کند. با وجود آن که معمولاً قیمت HSD ها از OCP ها بالاتر است، استفاده از HSD هایی که SSI بالای ۳۰ دارند، توجیه اقتصادی ندارد.

نیتروزن وجود داشته باشد، اکسایش روغن پایه در حین انحلال به شدت کاهش می یابد. هرچه هم وزن^۷ با سرعت بالاتری کار کند، تنش وارده به پلیمر نیز بیشتر می شود و باعث زود تر حل شدن پلیمر می شود. کاهش زمان انحلال پلیمر در روغن به علت بالا بودن دمای انحلال، تاثیر زیادی در کاهش اکسید شدن روغن پایه دارد.

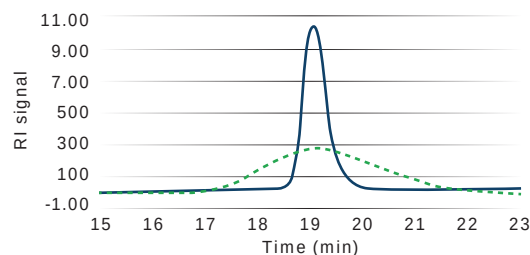
۲ خواص مختلف پلیمرهای HSD

۳.۱- توزیع وزن مولکولی

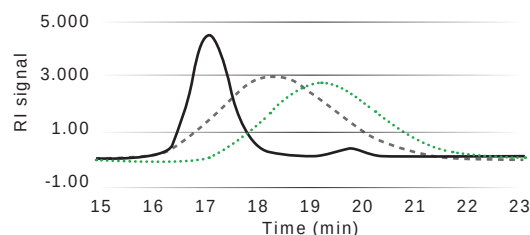
HSD های دو بلوکی به روش پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز می شوند. پلیمریزاسیون آنیونیک باعث ایجاد منحنی توزیع وزن مولکولی باریک تری می شود. پلیمرهای ستاره ای نیز از به هم چسبیدن HSD های دو بلوکی تشکیل می شوند و در نتیجه با توجه به اینکه وزن مولکولی بازوها (هر بازو توسط پلیمریزاسیون آنیونیک سنتز شده است و می توان گفت که تمام بازوها مشابه یکدیگرند) و تعداد بازوها (توسط پلی فانکشنال مهندسی می شود) تقریباً در تمام مولکول های آن ها برابر است، پلیمرهای HSD ستاره ای نیز دارای توزیع وزن مولکولی باریکی هستند. (شکل شماره ۲)

۳.۲- تناسب بین شاخص پایداری برشی و افزایش گرانیروی ناشی از انحلال پلیمر

تناسب بین این دو شاخص به علت این که خلاف جهت یکدیگر حرکت می کنند، بسیار اهمیت دارد. افزایش گرانیروی ناشی از انحلال پلیمر با افزایش جرم مولکولی پلیمر افزایش می یابد. در

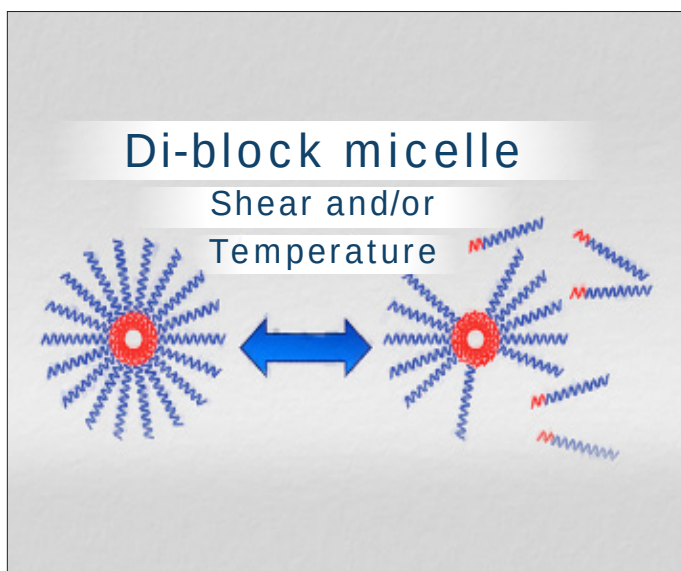


(a) --- 25 SSI OCP — HSD diblock (anionic polymerization)



(b) --- 25 SSI OCP — 25 SSI HSD star --- 50 SSI OCP

شکل شماره ۳. پراکنده شدن موقت زنجیرهای دو بلوکی HSD



شکل شماره ۲. توزیع وزن مولکولی توسط کروماتوگرافی ژل تراوشی^۸

VM Chemistry	HSD Star	A-OCP	SC-OCP
VM SSI	25	25	25
SAE viscosity grade	15W-40	15W-40	15W-40
Additive technology	API CI-4	API CI-4	API CI-4
Base oil	API Group II	API Group II	API Group II
Solid VM treat (%)	0.7	0.94	0.77
KV100, CST	15.17	15.14	15.14
CCS at -20°C (CP)	5320	6297	5845
HTHS at 150°C (CP)	3.92	4.18	4.03
Noack volatility (%)	9.8	9.7	9.6
VM SSI	50	50	50
SAE viscosity grade	5W-30	5W-30	5W-30
Additive technology	API SN	API SN	API SN
Base oil	API Group II/III	API Group II/III	API Group II/III
Solid VM treat (%)	0.59	0.59	0.25
KV100, CST	10.42	10.4	10.38
CCS at -30°C (CP)	5854	5898	5823
HTHS at 150°C (CP)	2.94	3.01	3.01

جدول شماره ۱. نتایج آزمون روغن موتور

سوخت^{۱۰}، طراحان روغن سعی می کنند تا HT/HS روغن نهایی را تا جایی که جدول SAE J300 مجاز می داند پایین بیاورند. با توجه به این که سیاست جهانی به افزایش بازده سوخت تمایل دارد، تولید کنندگان تجهیزات اصلی (Original Equipment Manufacturer) به سمتی حرکت می کنند تا موتور هایی طراحی

۳.۳- بررسی گرانی های مختلف^۹ پلیمر های HSD

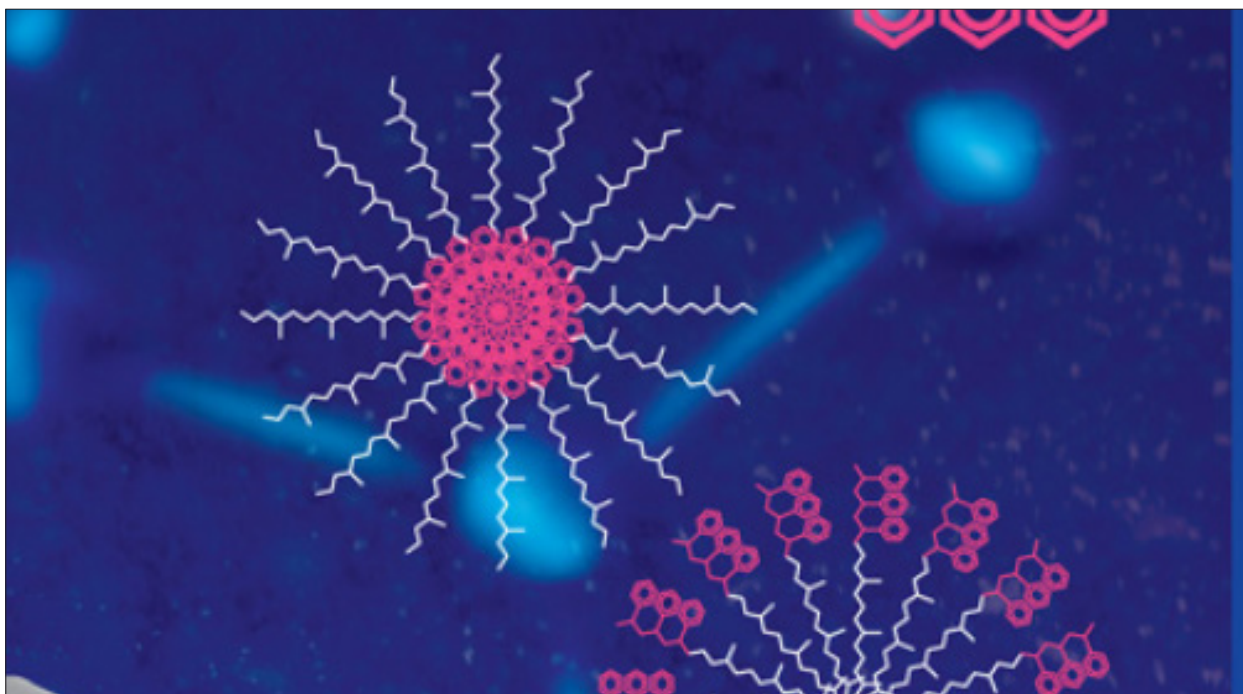
طیف گسترده ای از روغن های چند درجه ای مثل روغن موتور خودرو های سنگین و سواری به دلیل بزرگ بودن کسر TP/SSI از پلیمر های HSD ساخته می شوند. خواص مرتبط با گرانی های روغن های مختلف که فرمولاسیون آنها بجز پلیمر مورد استفاده از هر لحاظ مشابه هستند، در زیر بررسی می شود. در هر جدول شاخص پایداری برشی پلیمر ها برابر یکدیگرند و فقط از نظر ساختار شیمیایی با یکدیگر متفاوتند. همانطور که در جدول شماره ۱ مشاهده می کنید پلیمر HSD با شاخص پایداری برشی ۲۵ از نظر خواص مورد ارزیابی شده بهتر از دو نوع پلیمر OCP است. اما پلیمر HSD با شاخص پایداری برشی ۵۰ نسبت به پلیمر SC-OCP ضعیف تر است.

۳.۳.۱- CCS (Cold-Cranking Simulator)

یکی دیگر از خواص مفید HSD ها، تاثیر گذاری کمتر نسبت به انواع دیگر پلیمر های بالا برنده شاخص گرانی، روی گرانی CCS است. این شاخص به طراح روغن کمک می کند تا بتواند روغن پایه سنگین تری در فرمولاسیون خود به جهت کاهش فراریت روغن استفاده کند و همچنین شرایط بهتری را برای شروع به کار کردن موتور در هوای سرد ایجاد می کند.

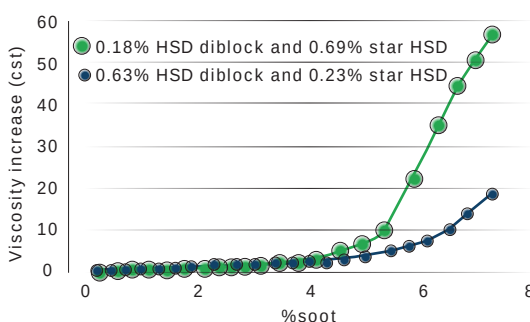
۳.۳.۲- HT/HS (High-Temperature High Shear) Viscosity @ 150 C°

این شاخص تاثیر بسیار مهمی بر روی جلوگیری از ایجاد سایش دارد. به همین دلیل در گذشته HT/HS پایین به عنوان یک شاخص مضر شناخته می شد. اخیرا با مطرح شدن بحث کارایی



نوع روغن پایه و پایین آورنده نقطه ریزش بسیار کمتر از پلیمر های OCP نیمه بلورین^{۱۸} است. علت حساسیت پلیمر های OCP نیمه بلورین، وجود شبکه های بلور است که مونومر های اتیلن به صورت کشیده شده آن ها را تشکیل داده اند و استعداد نوبلور شدن با واکس موجود در روغن پایه و پایین آورنده نقطه ریزش را دارند. پلیمر های HSD به علت این که تمایل به تشکیل کریستال با واکس های موجود در روغن پایه را ندارند (به دلیل ممانعت فضایی شاخه جانبی بلوک دی ان)، به طراح فرمولاسیون روغن این امکان را می دهند تا این نوع پلیمر را به عنوان یک ماده بی اثر در پمپ شدن روغن در دمای پایین در نظر بگیرد.

۳.۴.۲- معلق نگه داشتن دوده^{۱۹} توسط پلیمر های HSD دو بلوکی



شکل شماره ۳. مقایسه افزایش گرانیرو ناشی از دوده توسط آزمون Mack T-11 در دو نمونه با درصد مصرف متفاوت HSD های ستاره ای و دو بلوکی

مونومر های استایرن قابلیت جذب ذرات دوده را به پلیمر می دهند. سطح ذرات دوده تا حد زیادی دارای ساختار شیمیایی آروماتیک است. این امر باعث جذب سطحی دوده توسط بلوک استایرن می شود و بلوک دیگر زنجیر از تجمع دوده ها جلوگیری می کند. در نتیجه HSD های دو بلوکی می توانند مقداری دوده را با خود حمل کنند و مانع افزایش گرانیرو ناشی از دوده شوند که این قابلیت با طول بلوک استایرن در پلیمر رابطه مستقیم دارد. در شکل شماره ۳ قابلیت ممانعت از افزایش ویسکوزیته روغن در مقابل افزایش درصد دوده برای دو پلیمر HSD داده شده است.

نتیجه گیری

به علت قابلیت کنترل ساختار شیمیایی پلیمر های HSD، می توان خواص مختلفی نظیر معلق نگه داشتن دوده، پایداری برشی و خواص دیگری را مطابق با خواسته و نیاز در آن ها ایجاد کرد. این گروه از پلیمر ها می توانند با درصد مصرف کمتر از انواع دیگر بالابرنده های شاخص گرانیرو روغن را به خواص مطلوب برسانند. به همین علت این پلیمر ها برای تولید روغن موتورهای با کیفیت که بر کاهش درصد مصرف پلیمر در آن ها تاکید می شود، بسیار مناسب هستند.

کنند که برای روانکاری به روغن های سبک نیاز داشته باشند تا هدر رفت انرژی کاهش یابد. روغن خودرو های سنگین با کیفیت بالا معمولاً با بالابرنده گرانیرو HSD طراحی می شوند. در جدول شماره ۲ نتیجه مقایسه سه پلیمر HSD در طراحی روغن موتور سنگین دیزلی آورده شده است. هر سه نمونه در ویسکوزیته HT/HS برابر با ۳/۹ cP، طراحی شده اند. هر دو پلیمر HSD دو بلوکی دارای شاخص پایداری برشی ۱۰ هستند. تفاوت آن ها در بلوک Hydrogenated Diene است که باعث تغییرات به وجود آمده در خواص وابسته به گرانیرو محصول شده است.

بلوک دی ان یک (HSD Diblock 1)، ۴-۱ ایزوپرن^{۱۱} و بلوک دی ان دو (HSD Diblock 2)، ۲-۱ بوتادی^{۱۲} است. پلیمر HSD Diblock 1 دارای استخلاف متیل و HSD Diblock 2 دارای استخلاف اتیل است. این شاخه های جانبی کوچک، تاثیر زیادی روی افزایش گرانیرو ناشی از انحلال پلیمر ندارند اما با توجه به داده های جدول زیر می توان گفت که هر چه شاخه جانبی بزرگ تر باشد، افزایش گرانیرو ناشی از انحلال آن کمتر است و در نتیجه برای رسیدن به یک گرانیرو مشخص، به مقدار بیشتری از آن پلیمر نیاز است. علت این تفاوت در افزایش گرانیرو ناشی از انحلال پلیمر، تفاوت در اندازه زنجیره کوئل^{۱۳} پلیمر (حجم هیدروکربنیک) است و برای پلیمری که با بلوک دی انی ایزوپرن سنتز شده است، به علت وجود شاخه جانبی متیل، بزرگ تر است و در نتیجه تاثیر بیشتری روی گرانیرو دارد. با وجود این که برای رسیدن به یک گرانیرو مشخص HSD Diblock 2 درصد مصرف بالاتری نسبت به HSD Diblock 1 دارد، به علت ارزان تر بودن مواد اولیه، تولید آن مقرون به صرفه تر است.

VM Chemistry	HSD Star	HSD Diblock1	HSD Diblock2
VMSSI	5	10	10
SAE viscosity grade	10W-40	10W-40	10W-40
Additive technology	ACEAE4	ACEAE4	ACEAE4
Base oil	API Group III	API Group III	API Group III
Solid VM treat (%)	0.66	0.76	0.92
KV100 (CST)	13.4	13.9	13.2
CCS at -25°C (CP)	5550	6550	5980
HTHS at 150°C (CP)	3.9	3.9	3.9

جدول شماره ۲

۳.۴- مشخصات عملکردی پلیمر های HSD

۳.۴.۱- تعامل میان پلیمر بالابرنده شاخص گرانیرو با روغن پایه و پایین آورنده نقطه ریزش

با این که مهم ترین ویژگی یک پلیمر بالابرنده گرانیرو، قدرت تغلیظ کنندگی و شاخص پایداری برشی آن است، ویژگی های دیگری مانند قابلیت پمپ شدن روغن حاوی پلیمر در دمای پایین^{۱۴} مطابق با استاندارد ASTM D4684 نیز اهمیت زیادی دارد. همچنین میزان سازگاری پلیمر های بالابرنده های گرانیرو با روغن پایه و مواد افزودنی مختلف مانند پایین آورنده نقطه ریزش نیز بسیار اهمیت دارد. ناسازگاری این مواد با یکدیگر می تواند منجر به ناپایداری فازی^{۱۵} و تشکیل ساختارهای ناهمگن در دماهای پایین شود. این امر می تواند باعث افزایش گرانیرو و در برخی موارد ایجاد تنش تسلیم^{۱۶} برای حرکت روغن شود. سازگاری فازی^{۱۷} پلیمر ها با دیگر اجزای روغن، به قسمت اتیلنی ساختار آن ها نسبت داده شده است که در پلیمر های HSD این تعامل به کمک شاخه های جانبی قسمت دی ان آن ایجاد می شود. این استخلاف ها باعث ایجاد ممانعت فضایی برای تشکیل کریستال های واکس موجود در روغن پایه با زنجیر پلیمر می شود. با توجه به توضیحات بالا حساسیت پلیمر های HSD مانند پلیمر های OCP آمورف به



مراجع و منابع

- [1] Rhodes R.B., Handlin D.L., Stevens C.A., Star polymer viscosity index improver for oil compositions, US 5460739, October 24, 1995.
- [2] Briggs S., Chu C., Viscosity index improvers for lubricating oil compositions, US7163913, January 16, 2007.
- [3] Rhodes R.B., Stevens C.A., Asymmetric triblock copolymer viscosity index improver for oil compositions, CA2155686 C, March 21, 2006.
- [4] Rhodes B.R., Polymeric viscosity index additive and oil composition comprising the same, US Patent 4,900,875, February 13, 1990.
- [5] Johnson M.M., Schiff S., Streets W.L., Viscosity index improvers, US 3554911, January 12, 1971.
- [6] Anderson W., Block copolymers as viscosity index improvers for lubricating oils, US 3763044, October 2, 1973.
- [7] Olson D.H., Handlin D.L., Polymeric viscosity index improver and oil composition comprising the same, US 4788361, November 29, 1988.
- [8] INSIGHT FROM INFINEUM INTERNATIONAL LIMITED, The diblock advantage, September 14, 2016.



AP 7217A

نوع محصول: بسته افزودنی مناسب گریس EP
کاربرد:

بسته افزودنی فشار پذیر گریس

مزایا:

این محصول یک بسته افزودنی است که برای ساخت گریسهای EP مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از ویژگیهای مهم این بسته افزودنی بوی کم و کنترل شده آن است. ضمناً این محصول برای انواع گریسهای لیتیومی کلسیمی، لیتیم کمپلکس، آلومینیوم کمپلکس و پلی اوره با درصد مصرف مقرون به صرفه قابل کاربرد است. خواص ضد سایش، ضد اکسیداسیون و ضد خوردگی از سایر مزایای این بسته افزودنی است.

HITEC® 11458

نوع محصول: بسته افزودنی روغن موتور بنزینی
کاربرد:

مناسب جهت تولید روغن موتورهای بنزینی

با الزامات API SP و ILSAC GF-6

مزایا:

این محصول الزامات مورد نیاز جدیدترین طراحی های موتورهای توربوشارژر مجهز به سیستم تزریق مستقیم سوخت (TGDI) و موتورهای معمولی (غیر TGDI) را فراهم کرده و از آنها در برابر پدیده پیش احتراق موسوم به LSPI محافظت می کند. همچنین این کالا خصوصیات بسیار عالی از جمله محافظت در برابر سایش زنجیر تایمینگ، بهبود تمیزی پیستون، صرفه جویی در مصرف سوخت، کنترل لجن و سایش را برای روغن های مدرن به ارمغان می آورد.

توسعه پایدار، نیازهای حال حاضر را بدون اینکه توانایی نسل های آینده در رفع نیازهای خود را به خطر بیندازد، تأمین می کند. مؤلفه های اصلی Sustainability محیط زیست، اجتماع و اقتصاد هستند.

